# MANUALE PRATICO

DI

AD USO

DEGLI OPERAJ E DE' MACCHINISTI.

DALLA TIPOGRAFIA TRANI

1845.

*Ergo dum tempus habemus, operemur bonum ad omnes, maxime autem ad domesticos fidei.*

S. Paolo a' Galati Cap. VI. ver. 10.

Al Signore

**D. GIOVAN BATTISTA STAITI**

RETRO AMMIRAGLIO

CAVALIERE GRAN CROCE DEL REAL ORDINE DI FRANCESCO I.°, COMMENDATORE DELL' ORDINE DI S. GIORGIO DELLA RIUNIONE ec. ec. ec.

*Signor Generale*

Non fò precedere le consuete formole nel dedicarle questo tenue mio lavoro. La sola gratitudine mi vi ha spinto, memore de'beneficî di cui mi ha colmato, se non fosse il primo quello della di lei amicizia, di che mi onora.

Voglio intanto sperare che si degnerà compatire quest'opera, che per tanti titoli le appartiene, e nello stesso tempo benignarsi gradire questo piccolo omaggio, come attestato di stima e di rispetto, di chi le si dichiara.

*Suo Divotissimo Servitore*
GIOVANNI MAROTTA.

# PREFAZIONE.

CIRCONDATI da battelli a vapore di ogni rango e di ogni forza, da stabilimenti meccanici di ogni genere, da fonderie, e da quanto le industrie han potuto immaginare pel loro miglioramento; dove centinaja di artefici sono impiegati; dove traggono onorata esistenza; e dove si perfezionano esercitando il proprio mestiere: e pensando che questa gente trovasi sprovvista d'istruzione, da non poter neanche dar conto a se stessa dell'opera che v'impiega, guidando le varie macchine come il bue conduce l'aratro, il cavallo il maneggio, causa per lo più di funesti accidenti; è stato questo un pensiero che sempre mi volse per la mente, ogni qualvolta fui condotto a visitar siffatti stabilimenti; sia spinto dal desiderio di osservare da vicino il progresso delle arti industriali, sia obbligatovi dalle mie occupazioni.

Quindi da un'idea passando all'altra, immaginai che un libro ove praticamente fossero esposte le verità matematiche, che han guidato i sommi ingegni nelle invenzioni e nel perfezionamento degli apparecchi meccanici, avrebbe posta questa classe nel caso di acquistare delle cognizioni, suscettive non solo di tenerla al corrente di quanto da essa si operava, ma ingentilirla eziandio ne' costumi, ed affezionandosi vie maggiormente al proprio mestiere, avrebbe recato vantaggio al suo accrescimento.

Risoluto tanto fare, ricercai invano libri confacenti al bisogno; poichè diversi ne rinvenni, ma quali incompleti, quali troppo elevati, e niuno adattato allo stato di coltura de'nostri artieri.

Non ristetti perciò dal mio proponimento, ed incoraggiato dalla favorevole accoglienza ottenuta dalla mia traduzione dell'Opera di Janvier, mi accinsi a compilare il presente Manuale. Esso è diretto agli operaj di ogni classe, ed a'conduttori di macchine, che pur chiamiamo macchinisti, che in somma non sono altro che operaj d'istruzione un poco più elevata. Per essi non si richiedono conoscenze teoriche; appartengono queste a'costruttori ed agl'inventori delle macchine; basta solo che conoscessero le applicazioni pratiche delle teorie, per riuscire nell'intrapreso mestiere.

Giova intanto avvertire, che rinvenendosi nel corso di questo lavoro vocaboli non propriamente tecnici, lo ha consigliato il bisogno di farsi in-

tendere, e la chiarezza necessaria alla intelligenza di coloro, pe' quali specialmente fu redatto.

Ecco schiettamente il mio scopo. Se l'ingegno non corrispose a quanto mi proposi, non perciò l'opera merita abbandono: altri di me più capace farà quello che io non seppi fare, bastandomi averne aperto il sentiero.

Con tal fiducia spero saranno esauditi i miei voti e premiate le mie fatiche, rendendole in qualunque modo sempre utili alla classe cui son dirette, e così veder progredire le arti, e migliorata finalmente la condizione morale di questa gente, dedicandosi con successo alle industrie, unico punto cui mirano le savie leggi che ci governano, e la mano benefica che ci guida.

# NOZIONI PRELIMINARI

I.

Si dice *grandezza* o *quantità* ogni cosa che può ricevere accrescimento o diminuzione; ogni cosa che può essere in parti divisa, e si può intendere composta da parti; ogni cosa che per rispetto di un'altra, della medesima specie, può essere maggiore, eguale, o minore. Tali sono le lunghezze, le superficie, i corpi, i moti, i tempi, le velocità, le forze, ec. ec. ec.

II.

Le grandezze si distinguono in discrete, e continue. Si dice *grandezza discreta* ogni grandezza che è di fatti divisa, o che si considera come divisa in un determinato numero di parti eguali. Si dice poi *grandezza continua* ogni grandezza che si considera come suscettibile solamente di divisioni e suddivisioni all'infinito. Quindi numerabili sono solamente le grandezze considerate come discrete.

III.

*Definizione* si dice una proposizione che dà un' idea distinta della cosa, che con qualche vocabolo si vuole esprimere.

IV.

*Assioma* si chiama ogni proposizione che racchiude una verità, che s'intende da per se stessa, senza aver bisogno di spiegazione.

V.

*Postulato* si dice ogni proposizione che disegna di fare un'operazione, la quale perchè facilmente s'intende come deve eseguirsi, non ha bisogno di spiegazione.

VI.

*Problema* si chiama una proposizione che disegna di fare qualche operazione, che senza taluni ragionamenti non si può eseguire.

VII.

*Lemma* si dice una proposizione che si premette ad un problema, per rendere facile l'interpetrazione dello stesso problema.

VIII.

*Corollario* è una proposizione che si ricava da un'altra già stabilita, di cui è conseguenza.

## ELEMENTI DI ARITMETICA.

### DEFINIZIONI.

1. L'*Aritmetica* è una scienza che dà le regole di calcolare con caratteri speciali tutte le grandezze considerate come discrete.

2. I *caratteri speciali* di cui si fa uso in aritmetica sono i seguenti: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9, che si esprimono nel seguente modo:

| | |
|---|---|
| 0 — zero | 5 — Cinque |
| 1 — Uno | 6 — Sei |
| 2 — Due | 7 — Sette |
| 3 — Tre | 8 — Otto |
| 4 — Quattro | 9 — Nove |

3. S'intende per *unità* la denominazione che si dà a chicchessia considerata indivisa in se stessa, e divisa o separata da qualunque altra. Tali sono un'uomo, un libro, un ducato, una canna, ec.

4. Ciò posto il carattere 1 è d'indeterminate significazione, cioè atto a contrasegnare infinite diverse grandezze.

5. Si dice *numero* l'unione di più unità.

6. Le unità che non oltrepassano il 9, si dicono numeri *semplici*, e quelli che eccedono il 9, numeri *composti*.

7. I numeri semplici vengono contrasegnati da'caratteri 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9; ed i composti co'medesimi caratteri insieme combinati, attribuendoli un'altro valore, secondo il luogo cui vengono situati.

8. I numeri composti si cominciano a valutare da destra andando a sinistra; e si contrassegnano leggendoli da sinistra andando a destra.

9. Il primo carattere a destra di un numero composto indica le *unità;*

Il secondo *decine*

Il terzo *centinaja*

Il quarto *migliaja*

Il quinto *decine di migliaja*

Il sesto *centinaja di migliaja*

Il settimo *unità di milioni*

L'ottavo *decine di milioni*

Il nono *centinaja di milioni*
Il decimo *unità di bilioni*
L'undecimo *decine di bilioni*
Il duodecimo *centinaja di bilioni*
Il tredicesimo *unità di trilioni*
Il quattordicesimo *decine di trilioni*
Il quindicesimo *centinaja di trilioni*
Il sedicesimo *unità di quatrilioni*
Il diciassettesimo *decine di quatrilioni*
Il diciottesimo *centinaja di quatrilioni*
Il diciannovesimo *unità di quintilioni*; e così in seguito pe' sestilioni, settilioni, ec.

10. Quindi il numero composto 8793487212 contrassegna da destra:

1.° due unità
2.° una decina
3.° due centinaja
4.° sette migliaja
5.° otto decine di migliaja
6.° quattro centinaja di migliaja
7.° tre milioni
8.° nove decine di milioni
9.° sette centinaja di milioni
10.° otto bilioni; e si legge da sinistra, *otto bilioni, settecentonovantatre milioni, quattrocentottantasettemila, duecento dodici.*

11. Ciò posto, ne'numeri composti il solo primo carattere a destra ha il suo valore ordinario; ogni altro vale nel suo luogo dieci volte quello che valerebbe nel luogo antecedente. Sicchè il valore de'caratteri ne'numeri composti per ragione di luogo, cresce per decine.

12. Se procedendo da destra a sinistra si divideranno tutt'i caratteri di un numero composto qualunque a tre a

tre, il primo di ogni ternario esprimerà unità, il secondo decine, ed il terzo centinaja. Esprimeranno però unità, decine, e centinaja semplici quelli del primo; di migliaja quelli del secondo; di milioni quelli del terzo; di bilioni quelli del quarto; di trilioni quelli del quinto; e così in seguito.

13. Quindi se diviso il numero in ternarî segnando ciascuno con una virgola, si noteranno su'primi caratteri di essi successivamente o, 1, 2, 3, 4, ec., andando da destra a sinistra, tralasciando il primo; si designeranno rispettivamente i ternarî delle centinaja, delle migliaja, de'milioni, de'bilioni, de'trilioni, de'quatrilioni, ec.

14. Sia dato il numero composto 87849327784943782; si divida per ternarî per mezzo di virgole, e si mettano i caratteri sopra come si è detto; avremo

$$87^4,849^3,327^2,784^1,943^0,782$$

si esprimerà questo numero; *ottantasettequatrilioni, ottocentoquarantanovetrilioni, trecentoventisettebilioni, settecentottantaquattromilioni*, *novecentoquarantatremila*, *settecentottantadue*.

15. Possono i numeri composti avere una significazione senza unità o senza decine; la composizione è la stessa, se non che invece di unità, di decine ec., si sostituisce il zero, per esempio 12000 *dodicimila*; 302000 *trecentoduemila*; 1004 *millequattro*, ec.

16. Il zero situato dunque a destra di un numero semplice, lo aumenta di tante decine per quante unità il numero contiene. Il o situato dopo il 2 lo fa 20 *venti*; dopo il 6 lo fa 60 *sessanta*, e così per gli altri. Quando il o però è situato a sinistra, non cambia il valore di qualunque numero; come 02, 04, 09, ec.

17. Due o più numeri si dicono tra essi *omogenei*, se si riferiscono alla stessa unità, o ad unità tali che la minore di esse presa un determinato numero di volte,

forma esattamente le altre. Si dicono poi *eterogenei,* se si rapportano ad unità di diverso genere, cioè ad unità tali che per quante volte una di un genere si prenda, non giunge mai a formare un' unità dell'altro genere.

Dodici giorni, e sette ore sono omogei, perchè 24 ore formano un giorno; venti piedi e sette pollici sono anche omogenei, giachè 12 pollici formano un piede. Al contrario poi 7 palmi e 4 rotola sono eterogenei, giachè aumentate all'infinito o i palmi o le rotola non potranno mai formare nè rotola nè palmi.

18. Si dice numero *intero* ogni numero composto da più unità; così il numero 8 è intero, perchè con esso si possono esprimere 8 ducati, 8 piedi, 8 kilogrammi, ec. Quali siano i numeri rotti si dirà in appresso.

19. L'*addizione* è un' operazione per cui dati più numeri omogenei, se ne ritrova un'altro eguale a tutti insieme. Il numero che si trova si chiama *somma.* Questa operazione si esprime con questo segno + che si pronunzia più; 4+7 significa 4 più 7; 80+700, 80 più 700, ec.

20. La *sottrazione* è un' operazione per cui dati due numeri, omogenei disuguali, togliendo il minore dal maggiore, si trova di quanto uno eccede l' altro. L' eccesso che si trova si chiama *residuo.* Questa operazione si dinota col segno — che si pronunzia meno; 7 — 3 significa 7 meno 3; 13 — 11 significa 13 meno 11, ec.

21. La *moltiplicazione* è un'operazione per cui dati due numeri, se ne trova un'altro che sia eguale ad uno dei dati preso tante volte, per quante volte l'indica l'altro. I numeri che si moltiplicano chiamansi *fattori*, e quello che si trova dicesi *prodotto.* Questa operazione si esprime col segno × che si pronunzia moltiplicato. 12 × 14 significa 12 moltiplicato per 14; 27 × 32 significa 27 moltiplicato per 32.

22. *La divisione* è un'operazione per cui dati due numeri, trovando quante volte uno contiene l'altro, si viene ad avere una parte dell'uno denominata dall'altro. Il numero che si divide, chiamasi *dividendo;* quello cui si fa la divisione dicesi *divisore;* e la parte che si viene ad avere del dividendo denominata dal divisore, si chiama *quoziente.* Si usano due segni per dinotare la divisione o $:$; o pure $\div$ che sì l'uno che l'altro si pronunziano diviso. $8 : 4$ significa 8 diviso per 4, o pure $\frac{8}{4}$ che significa ancora 8 diviso per 4; $16 : 12$, o $\frac{16}{12}$ significa 16 diviso per 12 (1).

**POSTULATI.**

23. *Sommare* più numeri semplici. Questa operazione si fa unendo tutte le unità che si debbono unire insieme. Così 9 è la somma di $2 + 4 + 3$; egualmente 24 è la somma di $4 + 6 + 8 + 6$.

24. *Sottrarre* un numero minore semplice da un'altro numero maggiore omogenio.

Questa operazione si fa con togliere tante unità dal numero maggiore quante ne contiene il minore, e notarne il residuo. Così 3 è il residuo di $8 - 5$; egualmente 7 è il residuo di $12 - 5$.

25. *Moltiplicare* insieme due numeri semplici.

Questa operazione si fa prendendo uno de' fattori tante volte, quante unità contiene l'altro. Così se si vuole il

---

(1) *Queste quattro regole, cioè l'addizione, la sottrazione, la moltiplicazione, e la divisione e non altre, sono le principali ed essenziali operazioni, che far si possono co' numeri. Quindi conviene bene insegnarsele per facilitazione di tutt'i calcoli, che in appresso si vedranno esposti.*

$6 \times 4$ prendendo il 6, 4 volte, o ciò che riviene allo stesso il 4, 6 volte, il prodotto sarà 24; egualmente se si vuole il $9 \times 5$ si deve prendere il 9, 5 volte, o il 5, 9 volte il prodotto sarà 45.

26. A facilitare l'operazione della moltiplicazione, daremo qui appresso una tavola chiamata Pitagorica; poichè si crede che Pitagora ne sia stato l'inventore, dove si possono facilmente imparare a memoria tutte le combinazioni di tutt' i numeri semplici da moltiplicarsi tra loro, essendo questo il cardine principale di tutte le operazioni dell' aritmetica.

A B

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 |
| 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
| 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 |
| 7 | 14 | 21 | 28 | 35 | 42 | 49 | 56 | 63 |
| 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 72 |
| 9 | 18 | 27 | 36 | 45 | 54 | 63 | 72 | 81 |

C D

Nella linea AB come in quella AC vi sono notati tutt'i numeri semplici. Ora sia dato da moltiplicare il 7 per 9; si trovi nella linea AB il 7, e si corra col dito fino a basso a livello del 9 segnato nella linea AC, e si troverà il prodotto nella linea CD essere 63; similmente si trovi il 9 nella linea AB, e si corra col dito fino a basso a livello del 7 della linea AC, si troverà il prodotto nella linea BD essere 63. Egualmente se si vuol il $6 \times 8$, si trovi nella linea AB il 6, e si corra col dito fino a basso a livello dell'8 nel senso della linea AC, il prodotto si troverà essere 48: Similmente si trovi l'8 nella linea AB e si corra col dito fino a basso a livello del 6 nel senso della linea AC, ed il prodotto si troverà essere 48; e così per tutti gli altri numeri.

27. *Dividere* un numero semplice per un'altro, che non sia misurato da quello più di nove volte.

Questa operazione si esegue prendendo per quoziente quel numero, per cui moltiplicato il divisore si ha il dividendo, giachè tante volte il divisore misura il dividendo, quante volte si deve quello prendere per avere questo. Così il quoziente di $\frac{24}{8}$ è 3, perchè $8 \times 3$ il prodotto è 24; egualmente $\frac{32}{8}$ il quoziente è 4, perchè $8 \times 4$ il prodotto è 32.

28. Se accade che qualche divisione non si possa fare con esattezza, il quoziente allora è quel numero per cui moltiplicato il divisore si ha un prodotto, che viene avanzato dal dividendo di un numero minore del divisore: questo numero si chiama residuo della divisione. Così $\frac{34}{8}$ il quoziente sarà 4, ed il residuo 2, perchè $8 \times 4$ il prodotto è 32 che differisce da 34 di 2: Similmente $\frac{40}{9}$ il quoziente è 4, ed il residuo è 4, perchè $9 \times 4$ il prodotto è 36 che differisce da 40 di 4.

### ASSIOMI.

29. Ogni grandezza è eguale a tutte le sue parti prese insieme.

30. Se da grandezze eguali si tolgono porzioni eguali, le grandezze che rimangono sono anche eguali.

# CAPITOLO I.

## DE' NUMERI INTERI.

### PROBLEMA I.

31. Dati più numeri interi omogenei, sommarli insieme.

*Regola.* Si ordinino i numeri dati scrivendoli in modo uno sotto l'altro, che le unità siano corrispondenti alle unità, le decine alle decine, le centinaja alle centinaja, ec. Si tiri sotto i numeri così disposti una linea. Si sommino separatamente prima le unità da alto in basso, e si noti sotto la linea il numero che risulta se è fino a 9; se oltrepassa il 9 si riportino alla colonna delle decine, tante decine per quante ne risulteranno: indi si sommino le decine, e si noti sotto la linea corrispondente alle decine il numero se è fino a 9, se oltrepassa il 9, si riportino alla colonna delle centinaja, tante centinaja per quanto ne risulteranno, e così in seguito. Il numero totale indicherà la somma chiesta.

ESEMPIO 1.°

Siano da addizionarsi i numeri 48792, 8708, 92302, 7824, 322. Si situino i numeri come si è detto:

| |
|---:|
| 48792 |
| 8708 |
| 92302 |
| 7824 |
| 322 |
| Somma 157948 |

Sommando le unità 2 + 8 + 2 + 4 + 2 avremo 18, si scrive 8 e si riporti 1, che unito a 9 + 2 + 2 avremo 14; si noti 4, e si riporti 1, che unito a 7 + 7 + 3 + 8 + 3 avremo 29; si noti 9 e si riporti 2 che unito a 8 + 8 + 2 + 7 avremo 27; si noti 7 e si riporti 2 che unito a 4 + 9 avremo 15 che si scrive per intero, non essendovi più numeri da addizionare. Dunque 157948 è la somma chiesta.

ESEMPIO 2.°

Siano da sommarsi i numeri 8422, 79012, 8211, 283. Si situino i numeri come sopra si è detto:

| |
|---:|
| 8422 |
| 79012 |
| 8211 |
| 283 |
| Somma 95928 |

Sommando le unità 2 + 2 + 1 + 3 avremo 8, si scrive 8 e non si riporta veruna decina; si sommino le decine 2 + 1 + 1 + 8 avremo 12, si scrive 2 e si riporti 1 che unito a 4 + 2 + 2 avremo 9, si scrive 9 e non si

riporta veruna decina; si sommino 8 + 9 + 8 avremo 25, si scrive 5, e si riporti 2 che unito al 7 fa 9 che si scrive non essendovi più numeri da sommare. Dunque 95928 è la somma chiesta.

## PROBLEMA II.

32. Dati due numeri omogenei, sottrarre il minore dal maggiore.

*Regola.* Si scriva il minore sotto il maggiore, e si tiri una linea sotto di essi.

Dalle unità, decine, centinaja, ec. del numero superiore, si sottraggono successivamente le unità, decine, centinaja, ec. dell'inferiore.

Se qualche carattere inferiore sarà maggiore del suo corrispondente superiore, si accresca prima di una decina, e poi se ne fa la sottrazione, notando sotto la linea il residuo; però in tale caso si deve considerare il carattere seguente, diminuito di un'unità. Ciò che risulta è il residuo cercato.

### ESEMPIO 1.°

Sia da sottrarsi 68771 da 89982.

Si situi il numero minore sotto il maggiore, come si è detto, e vi si tiri sotto una linea.

89982
68771

residuo 21211

Dal 2 toltone 1 restra 1 che si segna sotto la linea; dall'8 toltone 7 resta 1 che si segna; dal 9 toltone 7 resta 2, che benanche si segna; dal 9 toltone 8 resta 1 che si scrive; finalmente dall'8 toltone il 6 resta 2

che si segna anche sotto in corrispondenza. Dunque 21211 è il residuo chiesto.

ESEMPIO 2.°

Sia da sottrarsi 278998 da 367876.
Si situino i numeri come sopra si è detto:

367876
278998
———
residuo 088878

Dal 6 non si può togliere 8 perchè è minore, si prenda dal 7 vicino una decina che unito al 6 fa 16, da 16 toltone 8 resta 8 che si scrive sotto; il 7 è rimasto 6 dal quale non si può togliere il 9, per cui si prende una decina dal vicino 8 che unita al 6 fa 16, da 16 toltone 9 resta 7 che si scrive; l'8 è rimasto 7 dal quale non si può togliere il 9 che è minore, si prende una decina dal vicino 7, ed avremo 17 toltone 9 resta 8 che si scrive; il 7 è rimasto 6 dal quale non si può togliere l'8, si prende similmente dal vicino 6 una decina e farà 16, dal quale toltone 8 resta 8, che si scrive egualmente sotto; il 6 è rimasto 5 dal quale non si può togliere il 7, si prenda una decina dal vicino 3, ed avremo 15 dal quale toltone il 7 resta 8 che si scrive; finalmente il 3 resta 2, da questo toltone il 2 resta zero. Dunque 88878 è il residuo cercato.

## PROBLEMA III.

33. Dati due numeri interi moltiplicarli insieme.

*Regola.* Si scriva un fattore sotto l'altro come nell'addizione, e sotto di essi si tiri una linea. Due casi possono occorrere, o che un fattore sia semplice e l'altro composto, o che siano entrambi composti.

Nel primo caso. Si moltiplichi pel fattore semplice ciascun carattere del numero composto, procedendo da destra a sinistra, ed i prodotti si scrivano come successivamente si hanno, sotto la linea se non eccedono il 9; e se eccedono il 9, si notino i soli eccessi sulle decine; ed il numero delle decine si aggiunga al prodotto, che immediatamente segue. Ciò che si ha è il prodotto cercato.

Nel secondo caso. Si moltiplichi il fattore superiore pel primo carattere a destra del fattore inferiore, come si è detto nel primo caso; indi si moltiplichi egualmente il secondo carattere del fattore inferiore pel fattore superiore, ed il prodotto si scriva sotto all' altro prodotto ottenuto; di poi si proceda pel terzo carattere del fattore inferiore e si scriva il prodotto, e così in seguito pel quarto, quinto, sesto carattere se ve ne ha. Si abbia però l' attenzione nello scrivere questi prodotti, che ciascuno procedendo dalla destra sia scritto non in corrispondenza, ma con un carattere di meno, cioè il primo carattere a destra del secondo prodotto, sotto il secondo carattere del primo prodotto; il primo carattere del terzo prodotto, sotto il secondo carattere del secondo prodotto; il primo carattere del quarto prodotto sotto il secondo carattere del terzo prodotto, e così in seguito. Ciò praticato si sommino tutti questi numeri così disposti, la somma sarà il prodotto cercato.

ESEMPIO I.°

Siano da moltiplicarsi i due numeri 7892 per 7. Si situino come si è detto.

$$\begin{array}{lr} & 7892 \\ & 7 \\ \hline \text{Prodotto} & 55244 \end{array}$$

Il 2 × 7 fa 14 si scriva il 4 e si riporti 1 decina pel prodotto seguente; il 7 × 9 fa 63 ed 1 da riportarsi fa 64; si scriva il 4 e si riporti il 6 pel seguente prodotto; il 7×8 fa 56 e 6 da riportarsi fa 62, si scriva il 2 e si riporti il 6 nel seguente prodotto; 7×7 fa 49 unito al 6 da riportarsi fa 55 che si scrive. Dunque 55244 è il chiesto prodotto.

ESEMPIO 2.º

Siano da moltiplicarsi i due numeri 892432 per 8524. Si situino i numeri come si è detto:

```
      892432
        8524
     -------
     3569728
    1784864
   4462160
  7139456
  ----------
Prodotto 7607090368
```

Il 4 × 2 fa 8 che si scrive sotto perchè minore di 10, il 4 × 3 fa 12 si scriva il 2 e si riporti 1; il 4 × 4 fa 16 unito ad 1 fa 17 si scriva 7 e si riporti 1; il 4 × 2 fa 8 unito ad 1 fa 9 che si scrive senza riporto; il 4 × 9 fa 36 si scriva il 6 e si riporti 3; il 4 × 8 fa 32 che unito al 3 fa 35 che si scrive. Il 2 secondo carattere di uno de' fattori moltiplicato per 2 fa 4, che si scrive sotto il 2 secondo carattere del primo prodotto; il 2 × 3 fa 6 che si scrive in seguito; il 2 × 4 fa 8 che si scrive; il 2 × 2 fa 4 che si scrive; il 2 × 9 fa 18 si scriva 8 e riporti 1; il 2 × 8 fa 16 che unito ad 1 fa 17 che si scrive. Il terzo carattere 5 × 2 fa 10 si scriva 0, sotto il 6 secondo carattere del secondo prodotto, e si riporti 1; il 5 × 3 fa 15 unito ad 1 fa 16 si scriva

il 6 e si riporti 1; il 5 × 4 fa 20 che unito ad 1 fa 21 si scriva 1 e si riporti 2; il 5 × 2 fa 10 unito ad 1 fa 11 si scriva 1 e si riporti 1; il 5 × 9 fa 45 unito ad 1 fa 46 si scriva il 6 e si riporti 4; il 5 × 8 fa 40 che unito a 4 fa 44 che si scrive. Finalmente 8 × 2 fa 16 si scrive il 6 sotto il 6 secondo carattere del terzo prodotto, e si riporti 1; 8 × 3 fa 24 unito ad 1 fa 25, si scriva 5 e si riporti 2; 8 × 4 fa 32 unito a 2 fa 34, si scriva 4 e si riporti 3; 8 × 2 fa 16 unito a 3 fa 19, si scriva 9 e si riporti 1; 8 × 9 fa 72 unito ad 1 fa 73, si scriva 3 e si riporti 7; ed 8 × 8 fa 64 unito a 7 fa 71 che si scrive. Si sommino tutti questi prodotti parziali così disposti, ed avremo 7607090368 che sarà il prodotto cercato.

34. Non avendo il zero valore alcuno, quante volte esso sarà moltiplicato per qualunque numero non produrrà alcun valore, per cui il prodotto di qualunque numero per o sarà sempre o. Quindi se il fattore inferiore avrà uno o più zeri, i valori che si scrivono sotto la linea avranno una o più serie di zeri, e queste serie si possono tralasciare, notando però il primo zero di ciascuna serie, onde non errare nello scrivere i prodotti delle altre serie.

ESEMPIO.

Siano da moltiplicarsi i due numeri.

```
            87224
             7003
          -------
           261672
           ....0
           ...0
       610568
       ----------
prodotto 610829672
```

35. Ne segue da questa, un'altra regola qualora si avessero a moltiplicare due fattori con avere a destra uno o più zeri, come per esempio 7200 X 3400. Si moltiplicano i soli numeri, ed al prodotto si aggiungono a destra tanti zeri per quanto ne contengono i due fattori, il numero che risulta sarà il prodotto cercato.

ESEMPIO.

```
           7200
           3400
         ------
          288
         216
         ------
prodotto 24480000
```

PROBLEMA IV.

36. Dividere un numero composto per un numero semplice.

*Regola.* Si scriva il dividendo a destra, ed il divisore a sinistra alquanto distanti tra loro, onde non confondersi, e sotto al divisore si tiri una linea.

Si divida l'ultimo carattere del dividendo, cioè quello a sinistra pel divisore se questo non è maggiore di quello, o i due ultimi se è maggiore, ed il quoziente si noti sotto la linea del divisore.

Si moltiplichi il quoziente trovato pel divisore, ed il prodotto si noti sotto il numero diviso, e si sottragga dallo stesso numero, scrivendo il primo residuo sotto il primo prodotto.

Si segni con un punto il carattere che è a destra del numero diviso, e siffatto carattere si scriva a destra del

primo residuo. Si divida il numero composto dal primo residuo, e dal carattere postogli a fianco, per lo stesso dato divisore, ed il quoziente si noti a destra del primo. Si moltiplichi il secondo quoziente pel divisore, ed il secondo prodotto si noti sotto il numero diviso e se ne faccia la sottrazione, scrivendo il secondo residuo sotto il secondo prodotto.

Similmente si procederà innanzi, fino a che non vi rimanga carattere alcuno nel dividendo che non sia diviso. Si avverte però, che quante volte il divisore non può dividere il dividendo, per quoziente si scriverà un zero; e quante volte in fine il divisore non divida il dividendo esattamente, l'ultimo residuo si scriverà a fianco all'ultimo carattere del quoziente, con una lineetta e sotto si noterà il divisore, per indicare che quel numero deve essere diviso pel divisore.

ESEMPIO 1.°

Sia da dividere 744516 per 9. Si situino i numeri come si è detto.

| | | |
|---|---|---|
| dividendo | | 744516 |
| divisore | 9 | 72···· |
| quoziente | 82724 | 024 |
| | | 18 |
| | | 065 |
| | | 63 |
| | | 021 |
| | | 18 |
| | | 036 |
| | | 36 |
| | | 00 |

Il 9 nel 7 non entra, il 9 dunque nel 74 entra 8, che si nota per quoziente; 8 X 9 fa 72 che si nota sotto il 74, se ne faccia la sottrazione, il residuo sarà 2; si segni col punto il 4 e si noti vicino al 2, che unito al residuo fa 24; il 9 nel 24 entra 2 che si nota per quoziente, indi il 2 X 9 fa 18, e si sottragga dal 24, il residuo è 6; si segni il 5 e si noti vicino al 6, fa 65 che si divide per 9, il quoziente è 7, che si nota al suo luogo, il 7 X 9 fa 63 che si sottrae dal 65, il residuo è 2; si segni 1 del dividendo e si scriva vicino al residuo 2 che fa 21, questo si divide per 9, il quoziente è 2 che si segna al suo posto, indi il 2 X 9 fa 18 che si sottrae dal 21, il residuo è 3; si segui in fine il 6 e si noti vicino all'ultimo residuo 3 che fa 36, che diviso per 9 il quoziente è 4, che si scrive al suo posto. Dunque 82724 è il quoziente cercato.

ESEMPIO 2.°

Sia da dividersi 784524 per 9.

dividendo 784524
divisore 9 — 72····
quoziente $87169\,^3/_9$ — 064
63
015
9
062
54
084
81
03

Il 9 nel 7 non entra, perciò si prenderanno due caratteri, il 9 nel 78 entra 8, che si nota per quoziente, $8 \times 9$ fa 72 che si nota sotto al 78 il residuo sarà 6; si segni il 4 del dividendo e si noti a fianco del residuo 6, avremo 64; il 9 nel 64 entra 7 che si nota nel quoziente, $9 \times 7$ fa 63, questo prodotto si sottragga dal 64 il residuo è 1; si segni il 5 e si noti a fianco del residuo 1, avremo 15, il 9 nel 15 entra 1, che si nota nel quoziente, $9 \times 1$ fa 9 che si sottrae dal 15, il residuo è 6; si segni il 2 a fianco del residuo 6 avremo 62; il 9 nel 62 entra 6 che si nota nel quoziente, $9 \times 6$ fa 54 che si sottrae dal 62, il residuo sarà 8; si segni finalmente il 4 e si mette a fianco del residuo 8 che fa 84; il 9 nell'84 entra 9 che si nota nel quoziente, $9 \times 9$ fa 81 che si sottrae dall'84, il residuo sarà 3, che si segna a fianco dell'ultimo carattere del quoziente col segno di divisione, mettendoci sotto il divisore per indicare che il 3 è diviso per 9. Dunque $87169\,{}^3/_9$ è il quoziente cercato.

## PROBLEMA V.

37. Dividere un numero composto maggiore, per un numero composto minore.

*Regola.* Si dispongono il dividendo ed il divisore come si è insegnato nel problema precedente. Si prendano nel dividendo tanti caratteri a sinistra, quanti ve ne sono nel divisore, purchè il numero che ne risulta da quelli, non sia minore di questo, altrimenti se ne prenda uno di più. Per l'ultimo carattere del divisore, si divida l'ultimo o i due ultimi del dividendo, il quoziente che nasce si noti sotto la linea del divisore, purchè gli altri caratteri del divisore, misurano i rispettivi caratteri presi nel dividendo, co'rispettivi residui che l'appartengono, l'istesso

o più numero di volte; nel caso contrario il quoziente trovato si diminuisca di una o più unità, finchè il numero delle volte che gli altri caratteri del divisore misurano i rispettivi caratteri del dividendo co' residui che l'appartengono, non sia minore del quoziente diminuito.

Il quoziente a questo modo determinato si moltiplichi pel divisore, ed il prodotto si sottragga da'caratteri del dividendo gia diviso, notando il primo residuo sotto il primo prodotto.

Si noti un punto sotto il carattere che sta a destra degli altri presi prima, e si scriva un siffatto carattere a destra del primo residuo. Si prosegua la divisione come si è cominciata, osservando tutto ciò che si è detto doversi praticare, quando il divisore è semplice; ed in tal modo si avrà il quoziente cercato.

ESEMPIO 1.°

Sia da dividersi 51482696 per 824. Si dispongano il dividendo ed il divisore come si è detto di sopra.

| | | |
|---|---|---|
| | dividendo | 51482696 |
| divisore | 824 | 4944···· |
| quoziente | 62479 | 02042 |
| | | 1648 |
| | | 03946 |
| | | 3296 |
| | | 06509 |
| | | 5768 |
| | | 07416 |
| | | 7416 |
| | | 0000 |

Siccome 824 è maggiore di 514, così la divisione si farà con 5148. 8 entra nel 51, 6 volte e ne avanzano 3 e 4 fa 34, il 2 nel 34 entra 6, dunque si scriva il quoziente 6, 824 × 6 fa 4944 che sottratto da 3148 il residuo è 204; si segni il 2 e si noti a fianco del residuo 204 e fa 2042; 824 in 2042 entra 2, 824 × 2 fa 1648, che sottratto da 2042 il residuo è 394; si segni il 6 e si metta a fianco del residuo, avremo 3946; 824 nel 3946 entra 4, 824 × 4 fa 3296 che sottratto da 3946 il residuo è 650; si segni il 9 e si metta a fianco del residuo 650, avremo 6509; 824 nel 6509 entra 7, 824 × 7 fa 5768, che sottratto da 6509 il residuo è 741; si segni finalmente il 6 e si metta a fianco del residuo 741 ed avremo 7416, 824 in 7416 entra 9, 824 × 9 fa 7416, per cui il residuo è zero. Dunque 62479 è il residuo cercato.

ESEMPIO 2.°

Sia da dividersi 8274248 per 782.

| | | |
|---|---|---|
| | dividendo | 8274248 |
| | divisore 782 | 782 · · · · |
| quoziente | $10580\,{}^{688}/_{782}$ | 04542 |
| | | 3910 |
| | | 06324 |
| | | 6256 |
| | | 00688 |

782 in 827 entra 1 che si nota nel quoziente, 782 × 1 fa 782, che sottratto da 827 il residuo è 45, si segni il 4 e si noti a fianco del residuo 45 ed avremo 454, il 782 non entra nel 454, per cui nel quoziente si noti zero;

si segni il 2 e si noti a fianco del 454 ed avremo 4542, 782 nel 4542 entra 5 che si nota nel quoziente, 782×5 fa 3910, che sottratto da 4542 il residuo è 632; si segni il 4 e si noti a fianco del residuo 632 ed avremo 6324, 782 in 6324 entra 8 che si nota nel quoziente, 782×8 fa 6256, che sottratto da 6324 il residuo è 68; si segni 8 e si noti a fianco del residuo 68 ed avremo 688; 782 non entra nel 688 per cui nel quoziente si noti il zero; finalmente si metta 688 a fianco dell'ultimo carattere del quoziente col segno di divisione per 782. Dunque 10580 $^{688}/_{782}$ è il quoziente cercato.

38. Per conoscere se nella somma si è errato, si farà uso della seguente:

*Regola.* Si separi con una linea il primo numero, e si sommino i rimanenti. Dalla somma intera si sottragga questa seconda somma, il residuo dev' essere il primo numero separato.

ESEMPIO.

| | |
|---|---|
| | 87842 |
| | 9484 |
| | 12398 |
| | 7894 |
| somma intera | 117618 |
| seconda somma | 29776 |
| residuo | 87842 eguale |

39. Per conoscere se nella sottrazione si è errato, si farà uso della seguente:

*Regola.* Si sommino insieme il numero minore sottratto ed il residuo, la somma dovrà essere eguale al numero maggiore.

ESEMPIO.

```
          34492
          27898
         ------
residuo   06594
         ------
somma     34492   eguale
```

40. Per conoscere se nella moltiplicazione si è errato, si farà uso della seguente:

*Regola.* Si divida il prodotto per uno de' fattori, il quoziente dev' essere eguale all' altro fattore.

ESEMPIO.

```
                                  8742
                                    89
                                ------
                                 78678
                                69936
                                ------
                89              778038
           ----------           712
quoziente  8742   eguale        ----
                                0660
                                 623
                                ----
                                 0373
                                  356
                                 ----
                                  0178
                                   178
                                  ----
                                   000
```

41. Per conoscere se nella divisione si è errato, si farà uso della seguente:

*Regola*. Si moltiplichi il quoziente pel divisore, il prodotto dev'essere eguale al dividendo.

ESEMPIO.

```
                                       768516
               98                      686
             ------                    ----
             7842                      0825
               98                       784
             ------                    ----
            62736                       0411
           70578                         392
           ------                       ----
prodotto   768516   eguale              0196
                                         196
                                        ----
                                         000
```

# CAPITOLO II.

## DE' NUMERI DENOMINATI.

### DEFINIZIONI.

42. Si dicono numeri *denominati* quelli che costano di unità dello stesso genere, ma di diversa grandezza; cioè d'unità tali che una della specie minore presa un certo numero di volte, può formare un'unità della specie maggiore. Tali sono 2 mesi, 22 giorni, 17 ore, 24 minuti, ec.; 8 piedi, 11 pollici, 4 linee, 7 punti, ec.

43. Per eseguire quindi le operazioni de'numeri denominati, è necessario conoscere precedentemente il rapporto delle diverse specie tra loro, affine di potere senza errore calcolare.

## PROBLEMA VI.

44. Sommare più numeri denominati della stessa specie.

*Regola.* Si scrivano i numeri denominati uno sotto l'altro, ma che le diverse specie siano in corrispondenza tra loro.

Si trovino separatamente e successivamente le somme de' numeri di ciascuna specie, incominciando dalla minima, e si notino sotto la linea in corrispondenza della colonna cui appartengono. Se però qualcheduna di tali somme conterrà una o più unità della specie prossima maggiore, si riporteranno nella somma seguente, e si noterà sotto la linea il solo avanzo. Ciò che si avrà sarà la somma cercata.

ESEMPIO 1.°

Siano da sommarsi i seguenti

| | duc. | car. | gra. | cal. |
|---|---|---|---|---|
| | 180 | 9 | 8 | 2 |
| | 90 | 7 | 9 | 8 |
| | 140 | 6 | 7 | 4 |
| | 280 | 4 | 5 | 9 |
| | 13 | 7 | 6 | 2 |
| somma | 706 | 6 | 7 | 5 |

I calli $2+8+4+9+2$ fanno 25 calli, e siccome 10 calli formano 1 grano, così si nota 5 e si riportano 2 grana; $8+9+7+5+6+2$ grana riportate sono 37 grana, e siccome 10 grana formano 1 carlino, così

si nota 7 e si riportano 3 carlini; $9+7+6+4+7+3$ carlini riportati sono 36, e siccome 10 carlini formano 1 ducato, si nota 6 e si riportano 3 ducati; finalmente sommando i ducati col riporto di 3 della somma precedente, si avranno $3+180 \times 90+140+280+13$ eguali a 706.

ESEMPIO 2.°

Siano da sommarsi i seguenti

| | piedi | pollici | linee | punti |
|---|---|---|---|---|
| | 24 | 11 | 10 | 9 |
| | 32 | 10 | 9 | 11 |
| | 39 | 6 | 10 | 10 |
| | 48 | 8 | 7 | 11 |
| | 189 | 7 | 11 | 4 |
| somma | 335 | 10 | 2 | 9 |

I punti $9+11+10+11+4$ sommano 45, e siccome 12 punti formano 1 linea, così si noti 9 e si riportino 3 linee; le linee $10+9+10+7+11+3$ riportate sommano 50, e siccome 12 linee formano 1 pollice così si noti 2 e si riportino 4 pollici; i pollici $11+10+6+8+7+4$ riportati sommano 46, e siccome 12 pollici formano 1 piede, si noti 10 e si riportino 3 piedi; finalmente sommando i piedi col riporto 3, si avranno $3+24+32+39+48+189$ eguale a 335.

## PROBLEMA VII.

45. Sottrarre un numero denominato minore da un'altro maggiore della stessa specie.

*Regola.* Si scriva il minore sotto il maggiore come si è detto nell'addizione, e sotto il minore si tiri una linea.

*

Si facciano tante sottrazioni particolari, quante sono le specie diverse, principiando da'numeri della minima specie, ed i residui si notino sotto la linea in corrispondenza della specie a cui appartengono. Se dal numero di una specie non si può togliere il suo corrispondente numero, si tolga dallo stesso numero accresciuto di tante unità, quante ne contiene di questa specie un'unità della specie seguente, e questa specie s'intenderà allora diminuita di un'unità. Ciò che nascerà sarà il residuo cercato.

ESEMPIO 1.°

Siano da sottrarre 17 mesi, 24 giorni, 18 ore, e 40 minuti primi, da 22 mesi, 29 giorni, 20 ore, e 41 minuti primi. Si situino detti numeri come si è detto di sopra

| | mesi | giorni | ore | minuti |
|---|---|---|---|---|
| | 22 | 29 | 20 | 41 |
| | 17 | 24 | 18 | 40 |
| residuo | 5 | 5 | 2 | 1 |

Da 41 toltone 40 resta 1, che si nota sotto la linea in corrispondenza de' minuti; da 20 toltone 18 restano due ore, che si notano sotto la linea; da 29 toltone 24 restano 5 giorni, che si notano sotto; e da 22 toltone 17 restano 5 mesi. Dunque 5 mesi, 5 giorni, 2 ore, ed 1 minuto è il residuo cercato.

ESEMPIO 2.°

Sia da farsi la seguente sottrazione.

| | anni | mesi | giorni | ore | minuti |
|---|---|---|---|---|---|
| | 12 | 4 | 18 | 13 | 30 |
| | 8 | 9 | 20 | 18 | 40 |
| residuo | 3 | 6 | 27 | 18 | 50 |

Da 30 minuti non potendosi togliere i 40, si prenderà 1 ora, e siccome 1 ora è 60 minuti così questi uniti ai 30 fanno 90, da'quali toltone 40, restano 50 minuti, che si notano sotto la linea; le 13 ore sono rimaste 12 dalle quali non si possono togliere le 18, si prenderà 1 giorno, e siccome un giorno è 24 ore, che unite alle 12 fanno 36, dalle quali toltone le 18 restano 18 ore, che si notano sotto la linea; i 18 giorni sono restati 17, dai quali non si possono togliere i 20, si prenderà 1 mese, e siccome un mese è 30 giorni, che uniti a'17 fanno 47, da'quali toltone i 20 restano 27 giorni, che si notano sotto la linea; i 4 mesi sono restati 3 da'quali non si possono togliere i 9, si prenderà 1 anno, e siccome 1 anno è 12 mesi, che uniti a'3 fanno 15, da'quali toltone 9 restano 6 mesi, che si notano sotto la linea; finalmente dai 12 anni che son restati 11 toltone 8 restano 3 anni, che si notano sotto la linea. Sicchè 3 anni, 6 mesi, 27 giorni, 18 ore, e 50 minuti è il residuo cercato.

## PROBLEMA VIII.

46. Moltiplicare un numero denominato per qualunque numero intero.

*Regola*. Pel numero intero si moltiplichi prima il numero esprimente le unità della minima specie, e poi si moltiplichino gli altri coll'ordine che procedono. I prodotti particolari si scrivano separatamente sotto la linea. Se però qualcheduno di essi giungerà a formare una o più unità del prodotto seguente, si aggiungeranno esse a sì fatto prodotto, e sotto la linea si scriverà soltanto l'avanzo. Ciò che si avrà sarà il prodotto cercato.

ESEMPIO 1.°

Sia da farsi la seguente moltiplicazione.

| | piedi | poll. | linee | punti |
|---|---|---|---|---|
| | 12 | 3 | 5 | 4 |
| | | | | 2 |
| prodotto | 24 | 6 | 10 | 8 |

4×2 fa 8 che si scrive sotto la linea; 5×2 fa 10 che si scrive sotto la linea; 3×2 fa 6 che si scrive sotto la linea; finalmente 12×2 fa 24 che si scrive sotto la linea. Dunque 24 piedi, 6 pollici, 10 linee, e 8 punti è il prodotto cercato.

ESEMPIO 2.°

Sia da farsi la seguente moltiplicazione.

| | piedi | poll. | linee | punti |
|---|---|---|---|---|
| | 24 | 10 | 8 | 7 |
| | | | | 8 |
| prodotto | 199 | 1 | 8 | 8 |

7×8 fa 56, e siccome 12 punti fanno 1 linea si noti nel residuo 8 e si riporti 4; 8×8 fa 64 uniti a' 4 riportati fanno 68, e siccome 12 linee fanno 1 pollice, si noti nel residuo 8 e si riporti 5; 10×8 fa 80 uniti a'5 riportati fanno 85, e siccome 12 pollici fanno 1 piede si noti 1 e si riportino 7; in fine 24×8 fa 192 che uniti a' 7 fanno 199 piedi.

## PROBLEMA IX.

47. Dividere un numero denominato per qualunque numero intero.

*Regola.* Si divida pel numero intero prima quello che esprime la massima specie, e poi si dividano gli altri successivamente secondo l'ordine in cui procedono. I quozienti particolari si notino sotto la linea. Se però qualche divisione avrà residuo, si aggiungerà esso al numero che si dovrà immediatamente dividere, ridotto alle unità del medesimo numero. Ciò che si avrà sarà il quoziente cercato.

ESEMPIO.

Sia da farsi la seguente divisione.

| | | mesi | giorni | ore | minuti |
|---|---|---|---|---|---|
| | dividendo | 8 | 20 | 13 | 28 |
| | divisore 7 | 7 | | | |
| quoziente | 1.7.5.21 $^1/_7$ | 1 = | 30 | | |
| | | | 20 | | |
| | | | 50 | | |
| | | | 49 | | |
| | | | 01 = | 24 | |
| | | | | 13 | |
| | | | | 37 | |
| | | | | 35 | |
| | | | | 02 = | 120 |
| | | | | | 28 |
| | | | | | 148 |
| | | | | | 147 |
| | | | | | 001 |

Il 7 in 8 entra 1 che si noti per quoziente, fatta la moltiplicazione il residuo è 1 mese eguale a 30 giorni, che uniti a'20 fanno 50; il 7 in 50 entra 7 che si nota per quoziente, 7×7 fa 49 che tolto da 50 resta 1 giorno eguale a 24 ore, che unite alle 13 fanno 37; il 7 in 37 entra 5 che si nota per quoziente, 5×7 fa 35 che tolti da 37 restano 2 ore eguali a 120 minuti, che uniti a'28 fanno 148; il 7 in fine in 148 entra 21 che si noti per quoziente, 7×21 fa 147 che tolti da'148 resta 1, che si nota in ultimo del quoziente da essere diviso per 7.

## CAPITOLO III.

### DE' NUMERI ROTTI, E DE' ROTTI DECIMALI.

#### DEFINIZIONI.

48. Ogni espressione numerica che contrasegna una o più parti di qualunque unità, si dice *rotto*, o *frazione*.

49. Per esprimere un rotto vi bisognano due numeri, uno per numerare le parti dell'unità che si prendono, e l'altro per dinotare in quante parti l'unità è divisa.

50. Si dice *numeratore* quello che numera le parti che si prendono, e *denominatore* quello che indica in quante di sì fatte parti è divisa l'unità.

51. I rotti si scrivono mettendo il numeratore sopra, ed il denominatore sotto tramezzati da una lineetta, come $^1/_2$, $^3/_4$, $^5/_6$, ec.; e si leggono un mezzo, tre quarti, cinque sesti, ec.

52. Significa dunque un rotto, per esempio $^4/_5$ di miglio, che un miglio è diviso in 5 parti eguali, delle quali se ne prendono 4.

53. Inoltre è lo stesso dividere un solo miglio, per esempio, in 5 parti eguali e prenderne di esse 4, che dividere 4 miglia in 5 parti e prenderne di tali parti una sola. Ma il dividere un solo miglio in 5 parti eguali e prenderne 4, è avere il valore del rotto $^4/_5$ di miglio; ed il dividere 4 miglia in 5 parti eguali e prenderne di esse una sola, è avere il quoziente che nasce dividendo per 5 le 4 miglia. Dunque il rotto $^4/_5$ di miglio, e così qualunque altro rotto equivale al quoziente di una divisione, che ha il numeratore per dividendo, e il denominatore per divisore.

54. Si dice *rotto vero* quello che vale meno dell'unità, e *rotto spurio* quello che vale più dell' unità. Come $^5/_7$ è rotto vero perchè minore dell'unità; e $^7/_5$ è rotto spurio perchè maggiore dell' unità.

55. I rotti veri hanno sempre il numeratore minore del denominatore; ed i rotti spurî al contrario il denominatore minore del numeratore.

56. Ogni espressione numerica che contrasegna una o più parti di qualche rotto si dice *rotto di rotto*. Egualmente ogni espressione che contrasegna una o più parti di un rotto di rotto, si dice *rotto di rotto di rotto*, e così procedendo all' infinito. Come $^2/_3$ di $^3/_4$ è rotto di rotto; $^4/_7$ di $^1/_2$ di $^5/_7$ è rotto di rotto di rotto.

## PROBLEMA X.

57. Ridurre un rotto spurio ad intero.

*Regola*. Si divida il numeratore pel denominatore, il quoziente sarà l'intero, o l'intero col rotto vero.

ESEMPIO 1.°

Sia il rotto spurio $^{25}/_{5}$ da ridursi ad intero. 25 diviso per 5 dà per quoziente 5. Dunque il rotto spurio $^{25}/_{5}$ è eguale a 5 interi.

ESEMPIO 2.°

Sia da ridursi ad intero il rotto spurio $^{36}/_{7}$. Si divida 36 per 7, il quoziente è 5 $^{1}/_{7}$. Dunque il rotto spurio $^{36}/_{7}$ è eguale a 5 interi ed $^{1}/_{7}$.

## PROBLEMA XI.

58. Ridurre un rotto in un'altro rotto di dato denominatore e dello stesso valore.

*Regola.* Si moltiplichi il numeratore del rotto pel dato denominatore, ed il prodotto si divida pel denominatore dello stesso rotto. Il quoziente sarà il numeratore del nuovo rotto, che avrà per denominatore quello dato.

ESEMPIO 1.°

Sia dato il rotto $^{7}/_{8}$ da ridursi ad un'altro che abbia per denominatore 1000.

$7 \times 1000$ fa 7000 che divisi per 8, dà per quoziente 875. Dunque $^{875}/_{1000}$ è eguale a $^{7}/_{8}$.

ESEMPIO 2.°

Sia dato il rotto $^{4}/_{5}$ da ridursi ad un'altro rotto, che abbia per denominatore 100.

$4 \times 100$ fa 400 che divisi per 5 il quoziente è 80. Dunque il nuovo rotto $^{80}/_{100}$ è eguale a $^{4}/_{5}$.

DEFINIZIONI.

59. Si dicono rotti *decimali* quelli che hanno per denominatori i numeri 10, 100, 1000, 10000, 100000, ec.; come $^1/_{10}$, $^2/_{10}$, $^3/_{10}$, ec.; $^1/_{100}$, $^2/_{100}$, $^3/_{100}$, ec.; $^1/_{1000}$, $^2/_{1000}$, $^3/_{1000}$, ec.

60. Se i rotti $^1/_{10}$, $^2/_{10}$, $^3/_{10}$, ec. esprimeranno parti decime dell'unità, $^1/_{100}$, $^2/_{100}$, $^3/_{100}$, ec. esprimeranno parti centesime; $^1/_{1000}$, $^2/_{1000}$, $^3/_{1000}$, ec. parti millesime anche dell'unità; è chiaro che siccome $^1/_{10}$, $^2/_{10}$, $^3/_{10}$, ec. sono decimali per rispetto dell'unità, così $^1/_{100}$, $^2/_{100}$, $^3/_{100}$, ec. sono decimali per rispetto di $^1/_{10}$, $^2/_{10}$, $^3/_{10}$, ec.; e $^1/_{1000}$, $^2/_{1000}$, $^3/_{1000}$, ec. sono decimali per rispetto di $^1/_{100}$, $^2/_{100}$, $^3/_{100}$, ec. e così in seguito. Quindi chiaramente s'intende perchè ogni rotto che ha per denominatore uno de' numeri, 10, 100, 1000, 10000, ec. si chiama rotto decimale. S'intende ancora che i rotti $^1/_{10}$, $^2/_{10}$, $^3/_{10}$, ec. sono rotti semplici; che i rotti $^1/_{100}$, $^2/_{100}$, $^3/_{100}$, ec. sono rotti di rotti; che questi altri $^1/_{1000}$, $^2/_{1000}$, $^3/_{1000}$, ec. sono rotti di rotti di rotti, e così proseguendo innanzi.

61. Ne' rotti decimali il numeratore contiene sempre un carattere di meno del denominatore. Che se potesse contenerne di più o eguale, sarebbe un rotto spurio. Per esempio $^{20}/_{100}$, $^{30}/_{100}$, ec. e non già $^{20}/_{10}$, $^{30}/_{10}$, $^{400}/_{10}$, ec.

62. Per facilitare il calcolo, i rotti decimali si scrivono senza denominatore, separandoli con una virgola o un punto dagli interi se ve ne sono, ed in mancanza di questi si mette un zero avanti del decimale, tramezzato da una virgola o punto. Come 17.55, 324.250, ec. o pure 0.75, 0.420, ec.

63. Ne'rotti decimali il primo carattere a sinistra del numeratore indica parti decime dell' unità, il secondo parti centesime, il terzo parti millesime, e così in se-

guito. È chiaro perciò, che dovendosi scrivere de'decimali uno sotto l'altro, si deve aver cura di situarli in tal modo; giacchè $^1/_{10}$ essendo la decima parte dell'unità, è eguale per conseguenza a $^{10}/_{100}$ a $^{100}/_{1000}$ ec. Dunque se ad un decimale qualunque, si aggiungono quanti zeri si vogliono, non cambia di valore.

64. Vi sono ancora de' decimali che hanno un numeratore infinitesimo per rispetto al denominatore, come $^{75}/_{10000}$, ec.; dovendosi scrivere senza il denominatore, si aggiungeranno due zeri prima, 0075, e così s'intenderà che sono *settantacinque diecimilesimi*; 0008, *otto diecimilesimi*; 04, *quattro centesimi*; 004, *quattro millesimi*; e così per gli altri.

## PROBLEMA XII.

65. Dati più rotti decimali uniti ad interi, o pur nò sommarli insieme.

*Regola*. Si scrivono i numeri uno sotto l'altro in modo che abbiano corrispondenti le unità colle unità, le decine colle decine, ec. se vi sono degli interi, e le parti decime colle decime, le centesime colle centesime, ec.

Si faccia quindi l'addizione come se i numeri fossero puri interi. La somma che si avrà, messo il punto appresso alle parti decime, sarà la somma cercata.

### ESEMPIO 1.°

Sia da farsi la seguente addizione d'interi e decimali.

| | |
|---|---:|
| | 324.784 |
| | 22.27 |
| | 1232.7844 |
| | 697.13 |
| | 7.0024 |
| | 12.021 |
| somma | 2295.9918 |

ESEMPIO 2.°

27.327
0.13
0.0042
2054.01
19.00

somma 2100.4712

ESEMPIO 3.°

0.4825
0.724
0.0038
0.029
0.02

somma 1.2593

## PROBLEMA XIII.

66. Sottrarre un rotto decimale da un'altro, siano uniti o pur nò ad interi.

*Regola*. Si scriva il numero minore sotto il maggiore, come si è indicato nell'addizione, e quindi si faccia la sottrazione come se fossero interi. Ciò che si avrà, posto il punto appresso alle parti decime, sarà il residuo cercato.

ESEMPIO 1.°

2824.2178
728.4129

residuo 2095.8049

ESEMPIO 2.°

| | |
|---|---|
| | 242.0000 |
| | 99.7824 |
| residuo | 142.2176 |

ESEMPIO 3.°

| | |
|---|---|
| | 0.89427 |
| | 0.78648 |
| residuo | 0.10779 |

## PROBLEMA XIV.

67. Moltiplicare due numeri che siano o ambi decimali, o interi uniti a decimali, o uno sia intero e l'altro decimale.

*Regola.* Si faccia la moltiplicazione come se entrambi i numeri fossero puri interi. Il prodotto che si avrà dopo averne separati tanti caratteri decimali, quanti ve ne sono in ambi i fattori, sarà il prodotto cercato.

ESEMPIO 1.°

| | |
|---|---|
| | 424.3272 |
| | 4.28 |
| | 33946176 |
| | 8486544 |
| | 16973088 |
| prodotto | 1816.120416 |

ESEMPIO 2.°

```
     8932
   0.00054
   -------
     35728
    44660
   -------
prodotto  4.82328
```

ESEMPIO 3.°

```
        0.472
        0.398
        -----
         3776
        4248
       1416
       ------
prodotto 0.187856
```

## PROBLEMA XV.

68. Dati due numeri che siano ambidue decimali, o uniti con interi, o uno di essi sia intero e l'altro decimale, o unito con intero; dividere uno di essi per l'altro.

*Regola.* Si faccia la divisione come se il dividendo ed il divisore fossero entrambi puri interi.

Si separino dal quoziente tanti caratteri decimali, quanti ne disegna l'eccesso del numero che di essi ne contiene il dividendo, sopra quello che ne contiene il divisore.

Se un siffatto eccesso non si ha, o il quoziente non è esatto, si aggiungano allora de'zeri appresso i caratteri decimali del dividendo, o si mettano de' zeri ne' luoghi de'caratteri decimali, se nel dividendo non ve ne sono,

e si prosegua la divisione, finchè fatta nel quoziente la separazione de' caratteri decimali del modo già detto, si conosca di essersi giunto a parti sì piccole, che altre più piccole di esse non sono da curarsi. Ciò che si ha è il quoziente esatto o approssimativo.

ESEMPIO 1.°

```
            dividendo  274.58622
  divisore   8.46      2538····
            ------     ------
quoziente   32.457     02078
                        1692
                       -----
                       03866
                        3384
                        -----
                        04822
                         4230
                         -----
                         05922
                          5922
                         -----
                          0000
```

ESEMPIO 2.°

```
          dividendo   0.0784283700
divisore  0.0089       712.......
          --------     ---
quoziente 8.812176     0722
                        712
                       ---
                       0108
                         89
                        ---
                        0193
                         178
                         ---
                         0157
                           89
                          ---
                          0680
                           623
                           ---
                           0570
                            534
                            ---
                            036
```

ESEMPIO 3.°

```
                dividendo    424.00000000
         divisore  0.003 84  384 ........
                             ----
quoziente  110416.666        0400
                              384
                              ----
                              01600
                               1536
                               -----
                               00640
                                 384
                                 ----
                                 2560
                                 2304
                                 ----
                                 02560
                                  2304
                                  ----
                                  02560
                                   2304
                                   ----
                                   02560
                                    2304
                                    ----
                                    0256
```

# CAPITOLO IV.

## PROBLEMI DI GEOMETRIA.

### DEFINIZIONI.

69. *La Geometria* è una scienza che tratta della quantità continua. Le specie della quantità continua sono i solidi, le superficie, le linee.

70. Si dice *solido* o *corpo* ogni estensione o ogni spazio, che ha lunghezza, larghezza, e profondità.

71. Ciò che termina o racchiude il solido dicesi *superficie*.

72. La superficie è un' estensione che ha solamente lunghezza e larghezza.

73. Ciò che termina o racchiude la superficie si dice *linea*.

74. La linea è senza profondità e senza larghezza, percui è un' estensione che ha soltanto lunghezza.

75. Ciò che termina o racchiude la linea ne'suoi estremi chiamasi *punto*.

76. Il punto non avendo profondità, nè larghezza, nè grossezza, non ha grandezza alcuna.

77. Ciò che termina una grandezza non essendo parte componente di essa, le superficie non sono parti de' solidi, le linee parti delle superficie, ed i punti parti delle linee. Quindi è errore il credere le linee composte da punti, le superficie composte da linee, ed i solidi composti da superficie.

78. Intersecandosi due linee, sarà un punto il luogo d' intersezione, e linee il luogo d' intersezione di due

superficie. Onde nè le linee nè le superficie che s'intersecano, hanno comune alcuna porzione di esse.

79. Una linea si dice *retta* se niuna delle sue parti è fuori della direzione delle altre; si dice poi *curva* se ognuna delle sue parti è fuori della direzione della sua vicina.

80. Una superficie si dice *piana* se niuna delle sue parti è fuori della direzione delle altre; si dice *curva* se ognuna delle sue parti è fuori della direzione della sua vicina.

81. Si chiama *angolo piano* la scambievole inclinazione di due linee, che giacenti in uno stesso piano s'incontrano senza formare una linea continuata. Il punto dell'incontro si dice *vertice*, e le due linee si dicono *lati* dell'angolo.

82. L'angolo piano si dice *rettilineo* se è formato da due linee rette; *curvilineo* s'è formato da due linee curve; e *mistilineo* se è formato da una linea retta ed una linea curva.

83. Per esprimere un punto; una linea ed un angolo, si mette una lettera a lato del punto, due agli estremi della linea, e tre agli estremi di quelle che formano gli angoli; e dicono (fig. 1) il punto A: la linea retta BC: la linea curva DE: l'angolo rettilineo FGH, o HGF; l'angolo curvilineo IKL; l'angolo mistilineo MNO, nominando sempre in mezzo la lettera che sta al vertice; o pure dicesi l'angolo in G, in K, in N nominando la sola lettera che è al vertice.

84. Si dice *base* di un'angolo rettilineo, la linea retta che congiungerà gli estremi de' suoi lati.

85. Una linea retta si dice *perpendicolare* ad un'altra, se l'una cade sull'altra senza inclinarsi più da una che dall'altra parte; si dice poi *obbliqua* se da una più che

dall'altra banda s'inclina. Finalmente gli angoli che da ambedue le parti si formano in tutti due i casi, si chiamano angoli *conseguenti*; ed uno si dice pure *conseguente dell'altro*.

86. Si dice angolo *retto* quello che è formato da due linee rette, quando una è perpendicolare all'altra. Si dice angolo *ottuso* quello che è maggiore del retto, ed angolo *acuto* quello che è minore del retto (fig. 2).

Così se a CD sarà perpendicolare la retta AB ed obbliqua la retta EB; sarà retto sì l'angolo ABC che il suo conseguente eguale ABD; e saranno l'angolo EBC ottuso, e l'angolo EBD acuto.

87. Due angoli si dicono *verticali* tra essi, se i lati di uno formano co' lati dell'altro linee continuate (fig. 3).

Così l'angolo AOC si dice verticale coll'angolo BOD; e COB verticale con AOD.

88. Due linee rette esistenti sullo stesso piano, si dicono *parallele*, se prolungandole all'infinito da ambedue le parti, non si uniscono giammai (fig. 4).

Di tale specie sono le due rette AB e CD.

89. *Termine* di checchessia, si dice ciò che è suo estremo.

90. Si dice in generale *figura* ogni spazio racchiuso da tutte le parti da uno o da più termini; cioè da una o più linee, da una o più superficie. Si dice poi *figura piana*, ogni superficie piana terminata da una o più linee, e *figura solida* ogni solido terminato da una o più superficie.

91. Per *perimetro* di una figura piana, s'intende il suo termine intero. Per esprimere quindi una figura piana, si nominano le lettere che stanno nel suo perimetro.

92. Una figura piana si dice *rettilinea*, se il perimetro è composto da linee rette; si dice *curvilinea* se il peri-

metro è una linea curva, o composto di linee curve; si dice in fine *mistilinea* se il suo perimetro è composto di linee rette e curve insieme ( fig. 5 ).

Così ABCDE è figura rettilinea; EFG ed HIKL sono figure curvilinee, ed MNOPQ è figura mistilinea.

93. Di una figura rettilinea si dice *lato*, qualunque linea componente il suo perimetro; e si dice *base*, qualunque lato considerato come parte inferiore del perimetro.

94. Una figura rettilinea si dice *trilatera*, se il suo perimetro costa di tre lati; si dice *quadrilatera*, se costa di quattro; e finalmente si dice *multilatera* o *poligono*, se costa di più di quattro lati.

95. Perchè nelle figure rettilinee tanti sono gli angoli quanti sono i lati; si dicono perciò *triangolo*, la figura trilatera; *quadrangolo*, la quadrilatera; e *multangolo*, la multilatera.

96. Il triangolo per rispetto de' suoi lati si dice *equilatero*, se i tre lati sono eguali; *isoscele*, se sono eguali due solamente; e *scaleno*, se tutti sono disuguali. Per rispetto poi degli angoli si dice *rettangolo*, se uno degli angoli è retto; si dice *ottusangolo*, se uno degli angoli è ottuso; e finalmente *acutangolo*, se tutti gli angoli sono acuti ( fig. 6 ).

Così il tringolo ABC è equilatero avendo tutti tre i lati AB, BC, CA eguali; il triangolo DEF è isoscele avendo eguali i due lati DE, DF; il triangolo GHI è scaleno avendo disuguali tutt' i lati. Il triangolo RLM è rettangolo avendo l'angolo in L retto; il triangolo NOP è ottusangolo avendo l'angolo ottuso in O; e finalmente il triangolo QRS è acutangolo avendo tutti tre gli angoli acuti.

97. Nel triangolo rettangolo il lato opposto all'angolo retto si dice *ipotenusa*, e gli altri due lati si chiamano *cateti* ( fig. 6 ).

Così nel triangolo rettangolo RLM l'ipotenusa è RM ed i cateti sono RL, LM.

98. Una figura quadrilatera si dice *parallelogrammo*, se i lati opposti sono rette parallele; si dice *trapezio*, se i lati opposti non sono rette parallele, o due di essi non sono tali (fig. 7).

Così ABCD è parallelogrammo, ed EFGH è trapezio.

99. Un parallelogrammo si dice *quadrato*, se ha tutti i lati eguali e tutti gli angoli retti; si dice *rettangolo* o *quadrilungo* se ha tutti gli angoli retti, ma non tutt'i lati eguali; si dice *rombo* se ha tutt'i lati eguali, ma non già gli angoli retti; e si dice *romboide* se non ha nè tutti gli angoli retti nè i lati eguali (fig. 8).

Così ABCD è un quadrato; EFGH è un rettangolo; IKLM è un rombo; ed NOPQ è un romboide.

100. Una figura multangola si dice *pentagono, esagono, ettagono, ottagono*, ec. secondochè i suoi lati sono cinque, sei, sette, otto, ec.; ed ha per conseguenza cinque, sei, sette, otto, ec. angoli.

101. Una figura rettilinea si dice *equilatera* o *equiangola*, secondochè ha eguali o tutti i lati o tutti gli angoli. Si dicono poi due figure rettilinee tra di esse *equilatere* o *equiangole*, secondocchè sono i lati o gli angoli di una rispettivamente eguali a'lati o agli angoli dell'altra.

102. Il *cerchio* è una figura piana che è terminata da una linea curva, la quale ritorna in se stessa, e che ha un punto dentro di essa tale, che tutte le linee rette che da sì fatto punto si possono tirare alla detta curva, sono eguali.

103. La linea curva che termina il cerchio dicesi *periferia* o *circonferenza* del cerchio; il punto da cui procedono rette eguali verso la circonferenza, si dice *centro* del cerchio; e tutte le rette eguali procedendo dal centro alla periferia, si dicono *raggi* del cerchio (fig. 5).

Così lo spazio FEG è il cerchio; la linea curva EFG è la periferia; il punto O è il centro; le rette OE, OF, OG, ec. sono i raggi.

104. Si dice *arco del cerchio* qualunque porzione della sua periferia. La retta che taglia l'arco si dice *corda dell'arco*. La perpendicolare elevata dalla metà della corda e che incontra la periferia, si chiama *freccia*. Ogni corda che passa pel centro si chiama *diametro* del cerchio (fig. 9).

Così nel cerchio ABD la porzione AMB o AEDB della periferia si dice arco; la retta AB si dice corda sì dell'arco AMB che dell'arco AEDB; la perpendicolare NM è la freccia dell'arco AMB, e la corda FC si dice diametro.

105. Si dice *porzione* o *segmento* di cerchio lo spazio compreso tra un'arco e la sua corda. La porzione tagliata dal diametro si dice *mezzo cerchio*; lo spazio in fine compreso tra due raggi e dall' arco che gli stessi raggi racchiudono, dicesi *settore del cerchio* (fig. 9).

Così lo spazio compreso tra l'arco AMB o AEDB e la corda AB, è porzione del cerchio. Gli spazî FABC, FEDC sono mezzi cerchi; lo spazio EOD è settore del cerchio; come settore è anche lo spazio EABDO.

106. Se la periferia di qualunque cerchio si divide in 360 parti eguali, ognuna di essa si chiama *grado*. Se un grado si divide in 60 altre parti eguali, ognuna di esse si chiama *minuto primo*; se un minuto primo si divide anche in 60 parti eguali, ognuna di esse si chiama *minuto secondo*; e così procedendo all'infinito.

Per disegnare che un numero indica gradi, si mette un poco su a destra un piccolo zero; per esprimere minuti primi, si mette una virgoletta; i minuti secondi due; e così in seguito.

Così 13°, 14', 17", significano 13 gradi, 14 minuti primi, e 17 secondi.

107. Si dice *comune sezione di due piani* la linea in cui i due piani s'incontrano, e si tagliano.

108. Un piano si dice perpendicolare ad un'altro se incontrandosi o tagliandosi, tutte le rette che si possono tirare in uno di essi piani perpendicolari alla comune sezione, sono perpendicolari pure all'altro piano.

109. Un piano si dice inclinato ad un'altro che incontra o taglia, se uno non è perpendicolare all'altro.

110. (fig. 10) Se il piano AC è inclinato al piano LM e da qualunque punto E della comune sezione AB, si tirano le rette EF, EG esistenti rispettivamente nei piani AC, LM e perpendicolari entrambi alla comune sezione AB; l'angolo acuto FEG formato da tali rette, si dice l'inclinazione del piano AC al piano LM.

111. Due piani si dicono paralleli, se prolungati per tutte le direzioni all'infinito, non si uniscono giammai.

112. Si dice *angolo solido* l'inclinazione di più di due angoli piani, i quali sono tutti in piani diversi, hanno tutt'i vertici in un medesimo punto, ed hanno altresì ciascuno de'lati che combacia col lato dell'angolo contiguo. Si dice vertice dell'angolo solido, il punto in cui si uniscono i vertici di tutti gli angoli piani che lo formano.

113. Si dice *piramide* un solido terminato da qualunque numero di triangoli rettilinei, che si uniscono tutti in un punto, e dal rettilineo che ha per lati le basi dei medesimi triangoli. Si dice *vertice* della piramide il punto in cui si uniscono i vertici di tutt'i triangoli; *base* il detto rettilineo; *altezza* la perpendicolare calata dal vertice sulla base; *lati* i lati di detti triangoli; *superficie* la somma de'medesimi triangoli; e *superficie intera* la somma degli stessi triangoli di unita alla base.

114. Una piramide si dice *triangolare*, *quadrangolare*, o *poligona*, secondochè la base è un triangolo, un

quadrangolo o un poligono. La piramide poligona poi, si dice pentagona, esagona, ettagona, ec. a seconda che la base è un pentagono, un'esagono, un'ettagono, ec. (fig. 11).

Si nomina la piramide incominciando dalla base e poscia il suo vertice. Così dicendo la piramide BCDEFA si dee intendere la piramide, che ha per base il rettilineo BCDEF e per vertice il punto A.

115. Se in una qualunque piramide fate passare un piano a qualunque altezza parallelo o nò alla base, il solido compreso tra la base e questo piano, si chiama *piramide tronca* (fig. 12).

Così il solido GADL è una piramide tronca.

116. Si dice *prisma* un solido terminato da due rettilinei paralleli eguali e simili, e da tanti parallelogrammi quanti sono i lati di detti rettilinei, ognuno de'quali tramezza tra due lati de' medesimi rettilinei. Si dice di un prisma *base*, uno de'due rettilinei considerato come parte inferiore della sua superficie: *superficie* la somma de'parallelogrammi laterali; *superficie intera* la somma de'detti parallelogrammi unita alla somma de'due rettilinei; *altezza* la perpendicolare calata sulla base da qualunque punto del rettilineo opposto; e *lati* i lati de'parallelogrammi componenti la sua superficie (fig. 13).

Così il solido ABCDEF è un prisma.

117. Il prisma si dice *retto* o *obbliquo*, secondocchè i lati che cadono sulla base, sono perpendicolari o inclinati all'istessa base. Si dice il prisma *triangolare*, *quadrangolare*, o *poligono*, secondocchè la sua base è un triangolo, un quadrangolo, o un poligono. In fine il prisma poligono, si dice prisma *pentagono*, *esagono*, *ettagono*, ec. secondocchè la sua base è un pentagono, un'esagono, un'ettagono, ec.

118. Si chiama *parallelepipedo* un prisma quadrangolare, in cui ognuno de' piani che lo termina è parallelo al piano opposto. Di ogni parallelepipedo, si dice *base* qualunque de' piani che lo terminano, considerato come parte inferiore della sua superficie; e *diagonale* o *diametro* la retta che congiunge i vertici de'due suoi angoli solidi opposti (fig. 15).

Così il solido ACBDLNOM è un parallelelepido, di cui LNOM è la base, ed LB è la diagonale.

119. Un parallelepipedo si dice *rettangolo*, o *obbliquangolo*, secondocchè i lati che cadono sulla base, sono perpendicolari, o inclinati alla medesima base. Il parallelepipedo rettangolo, si dice *cubo* se i piani che lo terminano sono sei quadrati eguali (fig. 14).

Così il parallelepipedo AN è un cubo.

120. Si chiama *cono* un solido racchiuso da un cerchio, e da una superficie curva continuata, che termina da una parte nella periferia del detto cerchio, e dall'altra in un sol punto; e che è quale verrebbe descritto da una retta, che fosse affissa nel punto in cui termina la superficie da una parte, e che girasse per la periferia del detto cerchio, con una perfetta rivoluzione.

121. Si dice *base* del cono il cerchio che lo termina da una parte; *superficie conica* la superficie che lo termina dall'altra parte; *superficie intera* la superficie conica unita alla base; *vertice* il punto in cui termina da una parte la superficie conica; *lato* ogni retta procedente dal vertice, a qualunque punto della periferia della base; *asse*, la retta che congiunge il vertice col centro della base; ed *altezza*, la perpendicolare calata dal vertice sulla base (fig. 16).

Così il solido ABO è un cono; di cui O è il vertice, AB è la base, ed OP è l'asse.

122. Se in un qualunque cono si fa passare un piano parallelo o pur nò alla base, il solido compreso tra questo piano e la base, si dice *cono tronco* ( fig. 17 ).

Così CDBA è un cono tronco.

123. Un cono si dice *retto* o *obbliquo*, secondocchè l'asse è perpendicolare o inclinato alla base. Si dicono *simili* due coni, se hanno gli assi egualmente inclinati alle basi, e proporzionali a'diametri delle basi ( v. § 198 ).

124. Si dice *cilindro* un solido terminato da due cerchi eguali e paralleli, e da una superficie curva continuata che termina nelle periferie de'due cerchi, e che è quale verrebbe descritta da una retta, che girasse per le periferie di detti cerchi con una perfetta rivoluzione, conservandosi sempre parallela alla retta, che congiunge i centri de'medesimi cerchi.

125. Si dice *base* del cilindro quel cerchio, che si considera come parte inferiore della sua superficie; *superficie cilindrica* la superficie curva, che il termina lateralmente; *superficie intera* la superficie cilindrica una con i due cerchi eguali e paralleli; *lato* ogni retta esistente nella superficie cilindrica, che congiunge due punti delle periferie de'due detti cerchi; *asse* la retta che congiunge i centri de'medesimi cerchi; ed *altezza* la perpendicolare calata sulla base da qualunque punto del cerchio opposto ( fig. 18 ).

Così il solido ABCD è un cilindro; AB è la base; e PO è l'asse.

126. Un cilindro si dice *retto* o *obbliquo*, secondocchè l'asse è perpendicolare o inclinato alla base. Si dicono ancora due cilindri *simili*, se gli assi sono egualmente inclinati alle basi, e proporzionali a'diametri delle stesse basi.

127. Si dice *sfera* un solido, che è terminato intorno intorno da una sola superficie curva, e che ha un punto

in esso tale, che tutte le rette che si possono tirare da questo punto alla detta superficie, sono tra esse eguali. ( fig. 19 ).

Così LABN è una sfera.

128. Si dice *superficie sferica* la superficie curva che la termina; *centro* il punto onde procedono rette eguali a tutt'i punti della detta superficie; *raggi* le rette eguali procedenti dal centro alla superficie; e *diametro* ogni retta che passa pel centro, e giugne da ambe le parti alla superficie sferica.

Così O è il centro della sfera, CE è il diametro, e OB, OA, OC sono de' raggi.

129. Chiamasi *sezione sferica* il piano che nasce nella sfera, qualora da un piano viene divisa in due parti. Questo piano è sempre un cerchio.

Così LN è una sezione sferica.

130. Si chiama *porzione sferica* il solido racchiuso da una sezione sferica, e dalla porzione che la periferia della stessa sezione, taglia dalla superficie della sfera. La porzione sferica si dice *mezza sfera*, se la sezione sferica passa pel centro della sfera.

Così LNM è una porzione sferica; e CEM è una mezza sfera.

131. Della porzione sferica si dice *base* la sezione sferica che la termina da una parte; *superficie* la porzione della superficie sferica che la termina dall'altra parte; *altezza* la perpendicolare alla base procedente dal centro della stessa base; e *vertice* il punto della superficie in cui l'altezza l'incontra. Si dicono porzioni *simili* di sfere quelle che hanno le altezze proporzionali a'diametri delle basi di esse.

Così della porzione sferica LNM, il cerchio LN è la base; PM è l'altezza; ed M è il vertice.

132. Si dice *settore sferico* il solido terminato dalla superficie del cono, che ha per base la base della medesima porzione, e per vertice il centro della sfera. Si dicono in fine settori *simili* di sfera, quelli che corrispondono a porzioni simili.

Così ABO è un settore sferico.

133. Si dice che due grandezze *combaciano insieme*, se unita l'una coll'altra, l'una non esce fuori dell'altra in lunghezza se sono linee; in lunghezza e larghezza se sono superficie; ed in lunghezza, larghezza, e profondità se sono solidi. In somma il combaciare insieme due grandezze significa, che poste una su dell'altra gli estremi di una trovansi perfettamente sopra gli estremi dell'altra.

## POSTULATI.

134. Tirare da un punto ad un'altro su di un piano una linea retta.

135. Data una linea retta terminata, prolungarla quanto si vuole.

136. Dato qualunque punto per centro e data qualunque linea retta per raggio, descrivere un cerchio.

## ASSIOMI.

137. Le grandezze che sono eguali ad una terza, sono eguali tra loro; e di quelle che sono eguali tra loro, se una è maggiore o minore di una terza, le altre sono anche maggiori o minori della stessa terza.

138. Le grandezze che sono doppie, triple, quadruple, ec., o metà, terze, quarte parti, ec. di una terza, sono anche tra esse eguali.

139. Le grandezze che combaciano insieme sono eguali tra loro.

140. Ogni grandezza è sempre maggiore di qualunque sua parte; ed ogni grandezza è eguale a tutte le sue parti unite insieme.

141. Due linee rette comunque poste non possono racchiudere veruno spazio; cioè non possono formare alcuna figura geometrica.

142. Tutti gli angoli retti sono eguali.

143. Di tutte le linee terminate ne' medesimi punti, la linea retta è la più breve.

144. Per una linea retta possono passarvi infiniti diversi piani per infinite diverse direzioni.

145. Per una linea curva o una sola superficie piana per una sola direzione può passarvi, o niuna.

146. Se due punti di una retta sono in un medesimo piano, l'intera retta è nello stesso piano.

147. Due angoli solidi sono eguali, se posto uno dentro l'altro combaciano insieme.

148. Due solidi terminati da piani rettilinei sono eguali e simili tra essi, se sono terminati da piani eguali di numero, ed eguali e simili tra essi rispettivamente.

## PROBLEMA XVI.

( fig. 21 ).

149. Dividere una linea retta data in due parti eguali.

*Regola.* Da' punti A e B con un raggio maggiore della metà della lunghezza della linea, descrivete da sopra e da sotto di AB degli archi intersecandosi in *c* e *d*; la retta *cd* che li riunisce divide la linea AB in due parti eguali.

## PROBLEMA XVII.

( fig. 21 ).

150. Dato un punto in una linea retta, elevare una perpendicolare sulla retta data.

*Regola.* Si prenda nella porzione OB un punto qualunque F, e dalla porzione OA si prenda OE eguale ad OF. Si prenda F per centro ed FE per raggio, e si descriva un'arco: indi si prenda E per centro ed EF per raggio, e si descriva un'altro arco che intersecherà il precedente nel punto *c*; congiungete i due punti O e *c*; la retta O*c* sarà la perpendicolare cercata.

## PROBLEMA XVIII.

( fig. 21 ).

151. Dato un punto fuori della direzione di una data retta, calare dal punto dato una perpendicolare su questa retta.

*Regola.* Si prenda un punto che per rispetto della retta AB, sia dalla parte opposta del punto dato *c* e questo sia *m*; si congiungano i due punti *c* ed *m* colla retta *cm*. Si descriva col centro *c* e col raggio *cm* l'arco E *m* F, che intersecherà la retta data ne' punti E ed F: Si divida la retta EF in due parti eguali in O; e si congiungano i punti O e *c*: sarà O*c* la perpendicolare cercata.

## PROBLEMA XIX.

( fig. 4 ).

152. Dato un punto fuori della direzione di una data retta, tirare dal punto dato una linea parallela alla retta data.

*Regola.* Si prenda un punto ad arbitrio sulla retta CD e sia H: col centro G punto dato e col raggio GH si descriva un'arco HF; e col centro H e collo stesso raggio GH si descriva l'arco EG. Sull'arco HF si prenda una porzione HF eguale a GE, e si congiungano i punti G ed F. Sarà GF la parallela cercata.

## PROBLEMA XX.

( fig. 22 ).

153. Dividere una retta in tante parti eguali per quante si vogliono; per esempio in sette parti.

*Regola.* Ad uno de'punti estremi E della retta EF fate un'angolo qualunque con una retta EN, che tracciate indefinitamente; portate sette volte a partire da E su questa linea una lunghezza indeterminata E1; congiungete il punto di divisione 7 col punto F, indi da ciascuno degli altri punti di divisione, tirate le linee 66, 55, 44, 33, 22, 11, e la retta data EF è divisa in sette parti eguali.

## PROBLEMA XXI.

( fig. 23 ).

154. Trovare il centro di un cerchio già descritto.

*Regola.* Sul punto medio di una corda qualunque come AB elevate la perpendicolare C*d*, che bisogna prolungare

fino alla periferia in C; dividete allora il diametro C*d* in due parti eguali con degli archi di cerchio, congiungendo i loro punti d'intersecazione *mn*; l'incontro *o* de' due diametri, è il centro del dato cerchio.

## PROBLEMA XXII.

( fig. 24 ).

155. Fare un'angolo eguale ad un'angolo dato.

*Regola*. Prendete una linea retta indefinita LM, tracciate dal vertice A dell'angolo dato, un'arco di cerchio che taglia i due lati ne'punti *c*, e *d*. Portate le punte del compasso in L, descrivete lo stesso arco di cerchio, sul quale portate la corda *cd* da *i* in *j*: l'angolo *i* L *j* sarà eguale all'angolo dato.

## PROBLEMA XXIII.

( fig. 25 ).

156. Dividere un'angolo dato in due parti eguali.

*Regola*. Dal punto A come centro con un raggio qualunque, descrivete l'arco *gh*. Da'punti *g* ed *h* come centri descrivete degli archi intersecandosi in *i*, e la linea retta A*i* divide l'angolo in due parti eguali.

## PROBLEMA XXIV.

( fig. 26 ).

157. Costruire un quadrato sopra una linea retta.

*Regola*. Prendete AB eguale al lato del quadrato, allora da'punti A e B come centri colla lunghezza AB, descrivete degli archi intersecandosi in *l*; dividete A*l* o

B$l$ in due parti eguali, e portate la metà sul prolungamento di A$l$, e di B$l$, cioè a dire da $l$ in D e da $l$ in in C: congiungendo le linee AD, AB, DC, BC, la figura tracciata sarà il quadrato domandato.

## PROBLEMA XXV.

( fig. 27 ).

158. In un cerchio dato descrivere un poligono regolare di un numero qualunque di lati.

*Regola*. Dividete il diametro BC in un numero di parti, che il poligono deve avere di lati: dagli estremi B e C come centri colla distanza BC, descrivete degli archi di cerchio intersecandosi in D. Da questo punto tirate la linea DF, che passando per la seconda divisione $a$ si prolunga alla circonferenza; se tirate la corda BF avrete presso a poco la lunghezza del lato del poligono regolare qualunque.

## PROBLEMA XXVI.

( fig. 28 ).

159. Trovare il lato di un quadrato, che sarà un certo numero di volte la superficie di un quadrato dato.

*Regola*. Sia ABCD il quadrato dato, la diagonale BD sarà il lato di un quadrato AEFG, doppio in superficie del primo. Tirando la diagonale BG e costruendoci sopra il quadrato AHKL, avrà tre volte la superficie del primo; e così in seguito.

## PROBLEMA XXVII.

( fig. 29 ).

160. Trovare il diametro di un cerchio, che sarà un certo numero di volte la superficie di un cerchio dato.

*Regola*. Sia ABCD il cerchio dato; tirate i due diametri BA, CD perpendicolari tra loro, la corda AD sarà il raggio del cerchio *ol* che sarà doppio in superficie del primo: e la metà di questa medesima corda, sarà il raggio di un cerchio *oi* la di cui superficie, sarà la metà di quella del primo.

## PROBLEMA XXVIII.

( fig. 30 ).

161. Trovare il lato di un quadrato presso a poco eguale in superficie ad un cerchio dato.

*Regola*. Tirate i due diametri perpendicolari AB, CD, dividete il raggio *o*D in due parti colla linea AF, che parte dall'estremo A del diametro, e si prolunghi fino alla circonferenza in E. Se sopra questa linea elevate un quadrato, sarà in superficie eguale presso a poco a quella del cerchio dato.

## PROBLEMA XXIX.

( fig. 31 ).

162. Iscrivere in un cerchio un rettangolo tale, che la sua resistenza alla rottura sia la massima di qualunque altro rettangolo iscritto.

*Regola*. Sia ABCD il cerchio dato; tirate il diametro AC e dividetelo in tre parti eguali A*l*, *lm*, *mc*: Elevate

la perpendicolare *m* D tagliando il cerchio in D. Tracciate allora AB eguale e parallela a DC, egualmente AD eguale e parallela a BC, ed il rettangolo ABCD sarà il rettangolo cercato.

## PROBLEMA XXX.

( fig. 20 ).

163. Costruire un' ellisse conoscendo i due assi perpendicolari.

*Regola.* Dal punto *o* come centro, colla differenza dei due semi assi, prendete le distanze *od* ed *oc* e tirate la diagonale *dc*. Prolungate la linea *oc* in *k* coll' addizione della metà della diagonale, allora la distanza *ok* portata da *o* in B, in *m*, ed in *n*, dà i quattro punti *k*B*mn* che sono i centri degli archi, che passando per i rispettivi estremi de' dati semi-assi, formano la curva dell' ellisse.

Congiungendo questi centri colle linee *n*E, *n*D, BA, e BH prolungate fino alla circonferenza, si ottengono i punti D, H, A, E, dove gli archi si confondono in una curva continua.

# CAPITOLO V.

## DELLE POTENZE DE' NUMERI, E DELLE RADICI DI ESSI.

### DEFINIZIONI.

164. Dicesi *potenza* di un numero, il prodotto che nasce moltiplicandolo una o più volte per se medesimo. Ed in ispecie si dice potenza *seconda*, potenza *terza*, potenza *quarta*, potenza *quinta*, ec., secondocchè i fattori eguali onde viene formata, sono due, tre, quattro, cinque, ec.

Così del 2 la potenza seconda è 4 o sia $2 \times 2$; la potenza terza è 8 o sia $2 \times 2 \times 2$; la potenza quarta è 16 o sia $2 \times 2 \times 2 \times 2$, e così procedendo all'infinito.

165. Ogni numero per rispetto delle sue potenze dicesi *radice*. Ed in ispecie si dice *radice seconda* per rispetto della sua potenza seconda; *radice terza* per rispetto della sua potenza terza; *radice quarta* per rispetto della sua potenza quarta, e così in seguito.

Il 2 è per rispetto del 4 radice seconda, per rispetto di 8 radice terza, per rispetto di 16 radice quarta, ec.

166. Moltiplicandosi 1 per se medesimo, il prodotto è sempre 1; perciò 1 contrasegna qualunque potenza dell'unità.

167. Prendendo origine dalla geometria la potenza seconda dicesi pure *quadrato*, e la potenza terza *cubo*: e quindi le radici che a queste due potenze si riferiscono, cioè la radice seconda e terza, si dicono anche *radice quadrata*, e *radice cubica*.

168. Il numero che esprime da quanti fattori eguali viene formata qualunque potenza di essi, si chiama *esponente* di quella tale potenza.

Così il 2 si dice esponente della potenza seconda, il 3 della potenza terza, il 4 della potenza quarta, e così in seguito.

169. *Esponente di una radice,* chiamasi il numero che dinota quante volte si deve tal radice replicare nella moltiplicazione, per avere la potenza a cui esso si riferisce.

Così della radice seconda l'esponente è 2, della terza è 3, della quarta è 4, e così in seguito.

170. Il segno per indicare che da un numero si vuole estrarre la radice è $\sqrt{\phantom{x}}$, e l'esponente si situa sopra. Se si vuole indicare per esempio, che deve estrarsi la radice quarta dal 42 si scrive $\sqrt[4]{42}$, e si legge, radice quarta di 42; se si vuole estrarre la radice cubica dal 27, si scrive $\sqrt[3]{27}$, e si legge radice cubica di 27; e così di ogni altra radice.

171. L'esponente delle potenze si mette a destra del numero da elevarsi a potenza, ma un poco più alto; come $32^2$ indica la seconda potenza o il quadrato di 32; $47^3$ indica la terza potenza o il cubo di 47, e così in seguito.

172. L'innalzare un numero ad una delle sue potenze, è lo stesso che trovare una sì fatta potenza. Similmente l'estrarre da un numero una delle radici, è lo stesso che il trovare una sì fatta sua radice.

173. Affine di facilitare le operazioni aritmetiche, diamo qui appresso una tavola indicante tutt'i numeri semplici, e diverse rispettive potenze di essi. A più facilitazione ancora si fa osservare, che conoscendosi le potenze de'numeri semplici, si possono facilmente conoscere le potenze

de' numeri composti, che siano formati da un numero semplice, e tutti gli altri che fossero zeri: come per esempio, del 20 il quadrato è 400, il cubo 8000, la quarta potenza 160000, la quinta potenza 3200000, e così in seguito (1).

| radici | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| quadrati | 1 | 4 | 9 | 16 | 25 | 36 | 49 | 64 | 81 |
| cubi | 1 | 8 | 27 | 64 | 125 | 216 | 343 | 512 | 729 |
| potenza 4.ª | 1 | 16 | 81 | 256 | 625 | 1296 | 2401 | 4096 | 6561 |
| potenza 5.ª | 1 | 32 | 243 | 1024 | 3125 | 7776 | 16807 | 32768 | 59049 |
| ec. | ec. | ec. | ec. | ec. | ec. | ec. | ec. | ec. | ec. |

## PROBLEMA XXXI.

174. Dato un numero intero estrarne la radice quadrata.

*Regola.* Si divida il numero dato in tante porzioni, ciascuna di due incominciando da destra, con delle virgole. Si estragga dall'ultima parte a sinistra la radice quadrata, e si segna a destra del numero dato; si eleva questa radice a quadrato e si sottrae dall'ultima parte a sinistra; il residuo si noti, ed a fianco di esso si scrive il secondo carattere, procedendo da sinistra della parte che segue; si moltiplichi la radice trovata per l'esponente della radice data, e questo prodotto si noti a fianco del residuo ottenuto, aumentato di un carattere; si divida questo per quel prodotto notatosegli a fianco, ed il quoziente sarà il secondo carattere della radice. Si elevi a

(1) *In fine dell'appendice, si troverà una tavola indicante i quadrati ed i cubi da 1 a 1000, per comodo di coloro che volessero giovarsene nelle operazioni di estrazioni di radice, e viceversa.*

quadrato questo numero composto di due caratteri, e si sottragga da'numeri dati; il residuo si scriva sotto, ed a fianco si scriva il secondo carattere della parte che non ha sofferto sottrazione. Si moltiplichino i due caratteri trovati della radice, per l'esponente della radice data, e si scriva il prodotto a fianco dell' ultimo residuo, si divida questo per quel prodotto notatosegli a fianco, ed il quoziente sarà il terzo carattere della radice. Si replichi sempre la stessa operazione fino a che non sono esauriti tutt'i caratteri del numero dato. Il numero che si avrà, sarà la radice quadrata cercata.

Si avverte che il numero de'caratteri della radice, deve essere sempre eguale al numero delle parti in cui il numero dato sarà diviso.

ESEMPIO I.°

Sia dato il numero 186624, se ne estragga la radice quadrata.

Si divida il numero dato procedendo da destra in tante parti a due a due, frapponendovi delle virgole.

```
       18,66,24        | radice
       16 · ·          |-------
      ------           | 432
  8  | 026
       1849
      -------
 86  | 00172
       186624
     ---------
       000000
```

La radice quadrata di 18 è 4, che si scrive al luogo della radice. Si elevi il 4 a quadrato che è 16, e si scriva sotto al 18; se ne faccia la sottrazione, il residuo è 2.

Si bassi il 6 secondo carattere a sinistra della seconda parte; si moltiplichi il 4 per l'esponente 2 avremo 8. Si divida il 26 per 8 avremo per quoziente 3; che si scrive per secondo carattere della radice: si elevi a quadrato il 43 avremo 1849 che si sottrae dal 1866, il residuo è 17; si bassi il 2 secondo carattere della prima parte che unito all'ultimo residuo fa 172: si moltiplichi 43 per l'esponente 2 avremo 86: 172 diviso per 86 il quoziente è 2, che si scrive per terzo carattere della radice: si elevi a quadrato il 432 avremo 186624, che sottratto dal numero dato, il residuo è zero. Dunque 432 è la radice quadrata cercata.

ESEMPIO 2.°

Sia dato il numero 7842008, se ne estragga la radice quadrata.

Si disponga il numero come si è detto.

```
       7,84,20,08    | radice
       4 . . .       |--------
                     | 2800
  4  | 38
       784
 56  | 0002
       78400
560  | 000200
       7840000
       -------
       0002008
```

La radice quadrata di 7 è 2, che si scrive per primo carattere della radice; si elevi a quadrato il 2 che è 4 e si sottrae dal 7, il residuo è 3; si bassi 8 fa 38, si moltiplichi 2 per l'esponente 2, il prodotto è 4; si di-

vida 38 per 4 il quoziente sarebbe 9, ma siccome il quadrato di 29 è 841 che è maggiore di 784, così si scrive 8 per quoziente, e per secondo carattere della radice; si elevi a quadrato il 28 che è 784 e si sottrae dal 784, il residuo è zero; si bassi il 2; si moltiplichi il 28 per l'esponente 2, il prodotto è 56; si divida 2 per 56 il quoziente è zero, che si scrive per terzo carattere della radice; si elevi a quadrato 280 che è 78400, e si sottragga da 78420, il residuo è 20; si bassi il 0 e fa 200, si moltiplichi il 280 per l'esponente 2, il prodotto è 560; 200 diviso per 560 il quoziente è zero, che si scrive per quarto carattere della radice; si elevi a quadrato il 2800 che è 7840000, e si sottragga da 7842008, il residuo è 2008. Dunque 2800 è la radice quadrata approssimativa cercata.

## PROBLEMA XXXII.

175. Dato un decimale estrarne la radice quadrata.

*Regola.* Si divida il decimale come se fosse intero, in tante parti a due a due, procedendo però da sinistra andando a destra, e se l'ultima parte a destra manca di un carattere, si supplisca con un zero. Si faccia poi l'operazione di estrarre la radice come se fosse numero intero.

La radice che si avrà assegnandovi tanti caratteri decimali, quanti ne dinotano le parti in cui il decimale è stato diviso, sarà la radice cercata.

### ESEMPIO 1.°

Sia da ritrovarsi la radice quadrata di 0.87445.

Si scriva il dato decimale, e si disponga per parti da sinistra procedendo a destra; resterà all'ultima parte di

destra un carattere solo a cui si aggiungerà un zero:

```
       0.87,44,50     | radice
       81             |-------
     ____             | 0.935
  18 | 064
      8649
     ______
 186 | 00955
      874225
     -------
      000225
```

Dunque 0.935 è la radice cercata.

ESEMPIO 2.°

Sia da ritrovarsi la radice quadrata da 0.00009604.

```
  0.00,00,96,04     | radice
          81        |-------
       ____         | 0.0098
    18 | 150
         9604
         ----
         0000
```

Dunque mettendo tanti zeri prima del 98, per fare il numero di decimali eguale al numero delle parti in cui si è diviso il numero dato, avremo che la radice cercata è 0.0098.

## PROBLEMA XXXIII.

176. Dato un rotto estrarne la radice quadrata.

*Regola*. Si riduca il rotto dato a decimale colla regola del § 58, e poi si proceda come nel problema precedente.

ESEMPIO.

Sia da estrarsi la radice quadrata da $\frac{28}{42}$

Avremo $0.6666 = \frac{28}{42}$. Si estragga la radice quadrata dal decimale 0.6666 che sarà eguale a 0.81. Dunque la radice quadrata di $\frac{28}{42}$ è 0.81.

## PROBLEMA XXXIV.

177. Dato un numero intero estrarne la radice cubica.

*Regola.* Si divida il numero dato in tante parti a tre a tre, procedendo da destra a sinistra, e se l'ultima parte non è di tre, si lascia come ricade. Si estragga la radice cubica dall'ultima parte, e si nota nel luogo della radice; questo numero si elevi a cubo, e si sottragga dall'ultima parte; a fianco del residuo si noti l'ultimo carattere della classe seguente. La radice trovata si elevi a quadrato, e si moltiplichi per l'esponente della radice 3; questo prodotto si scrive a fianco del residuo trovato accresciuto di un numero, come si è detto; questo si divida pel prodotto scrittosegli a fianco, ed il quoziente sarà un secondo carattere della radice. Il numero composto dai due caratteri della radice si elevi a cubo, e si sottragga dalle due ultime parti, il residuo si noti sotto. Se nell'elevarsi a cubo i due caratteri della radice risulta un numero maggiore, che non si può sottrarre dalle due parti del numero dato, si diminuisca il quoziente. A fianco al residuo si aggiunga l'ultimo carattere della parte contigua. Si elevi a quadrato il numero della radice, e si moltiplichi per l'esponente della radice 3: il prodotto si scrive a fianco del residuo accresciuto di un carattere; quest'ultimo si divida pel prodotto di già notato, ed il quoziente sarà il terzo carattere della radice. Si elevi a

cubo il numero composto da' tre caratteri della radice, e si sottragga dalle tre ultime parti. Se non vi sono più parti l'operazione è terminata, altrimenti si proceda innanzi come si è di sopra indicato.

Si avverte che il numero de'caratteri della radice, deve essere sempre eguale al numero delle parti in cui il numero dato sarà diviso.

ESEMPIO I.°

Sia dato il numero 152273304 da estrarne la radice cubica. Si disponghi il numero in parti di tre ognuna incominciando da destra.

```
          152,273,304       | radice
          125               |--------
        |----               | 534
   75   | 0272
          148877
        |--------
 8427   | 0033963
          152273304
         ----------
          000000000
```

Si estragga la radice cubica dal 152 che è 5, e si noti nel luogo della radice: si elevi a cubo il 5 che è 125 e si sottragga dal 152, il residuo è 27; a fianco vi si scriva il 2 ultimo carattere della seconda parte ed avremo 272; si elevi il 5 a quadrato che è 25, e si moltiplichi per l'esponente 3 della radice, il prodotto è 75; si divida 272 per 75 il quoziente è 3, che si scrive per secondo carattere della radice. Si elevi a cubo 53 che è 148877, e si sottragga dalle due prime parti del numero, il residuo è 3396 a fianco del quale, si scrive il 3 ultimo carattere della parte seguente. Si elevi a quadrato il 53

che è 2809 e si moltiplichi per l'esponente della radice 3, il prodotto 8427 si noti a fianco dell'ultimo residuo accresciuto del 3. Ora 33963 si divida per 8427 il quoziente è 4, che si scrive per terzo carattere della radice. Si elevi a cubo il 534 che è 152273304, e si sottragga dal numero dato, il residuo è zero. Dunque 534 è la radice cubica esatta che si è cercata.

### ESEMPIO 2.°

Sia dato il numero 8949782324 da estrarne la radice cubica.

Si disponga diviso in parti di tre ognuna:

|  | 8,949,782,324 | radice |
|---|---|---|
|  | 8 | 2076 |
| 12 | 09 |  |
|  | 8000 |  |
| 1200 | 09497 |  |
|  | 8869743 |  |
| 128547 | 00800393 |  |
|  | 8947094976 |  |
|  | 0002687348 |  |

Si estragga la radice cubica da 8 che è 2 e si noti nel luogo della radice; si elevi il 2 a cubo, e si sottragga dall'ultima parte del numero dato: il residuo è zero; si bassi il 9 ultimo carattere della parte contigua: si elevi la radice 2 a quadrato che è 4, e si moltiplichi per l'esponente della radice 3, il prodotto è 12; si divida il residuo accresciuto del carattere 9 per 12, il quoziente è 0, che si scrive per secondo carattere della radice. Si

elevi a cubo il 20 che è 8000, e si sottragga dall'ultime due parti, il residuo è 949 a fianco del quale si scriva il 7, ultimo carattere della parte contigua; si elevi a quadrato il 20 che è 400, e si moltiplichi per 3 esponente della radice, il prodotto 1200 si scriva a fianco dell'ultimo residuo. Si divida 9497 per 1200 il quoziente è 7, che si scrive per terzo carattere della radice. Si elevi a cubo il 207 che è 8869743, e si sottragga dall' ultime tre parti del numero dato, il residuo è 80039; si bassi il 3 ultimo carattere dell'ultima parte, e si scriva a fianco dell' ultimo residuo: si elevi a quadrato il 207 che è 42849 e si moltiplichi per 3, esponente della radice; il prodotto 128547 si scriva a fianco dell'ultimo residuo accresciuto del 3. Si divida questo cioè 800393 per 128547, il quoziente 6 si scriva per quarto carattere della radice. Si elevi a cubo il 2076 che è 8947094976 e si sottragga dal numero dato. Dunque 2076 è la radice cubica prossima cercata.

## PROBLEMA XXXV.

178. Dato un decimale estrarne la radice cubica.

*Regola.* Si divida il decimale dato, come se fosse intero in tante parti a tre a tre, procedendo però da sinistra a destra; e se l'ultima parte non avrà tre caratteri, si suppliscano co' zeri i caratteri che mancano.

Si faccia l' estrazione della radice come se il numero fosse intero. La radice che si avrà, assegnandosi tanti caratteri decimali, quanti ne dinotano le parti in cui il decimale è stato diviso, sarà la radice cercata.

ESEMPIO 1.°

Sia da estrarsi la radice cubica dal decimale 0.63044792.
Si disponga il numero diviso in parti a tre a tre da sinistra a destra, e siccome l'ultima parte manca di un carattere, si supplisca un zero.

```
          0.630,447,920        | radice
           512                 | ------
                               | 0.856
     192 | 1184
           614125

   21675 | 0163229
           627422016
           ---------
           003025904
```

Dunque 0.856 è la radice cubica prossima del decimale dato.

ESEMPIO 2.°

Sia da estrarsi la radice cubica dal decimale 0.000000498782
Si disponga il decimale in parti.

```
     0.000,000,498,782         | radice
               343             | ------
                               | 0.0079
           147 | 1557
                 493039
               --------
                 005743
```

Dunque mettendo tanti zeri prima del 79, per fare il numero di decimali eguale al numero delle parti, in cui si è diviso il numero dato, avremo che la radice cercata è 0.0079.

## PROBLEMA XXXVI.

179. Dato un rotto estrarne la radice cubica.

*Regola*. Si riduca il rotto dato a rotto decimale colla regola indicata nel § 58, e poi si proceda come nel problema precedente.

ESEMPIO.

Sia da estrarsi la radice cubica da $\frac{38}{64}$, avremo $\frac{38}{64}$ ridotto a decimale eguale a 0.5937. Si estragga la radice cubica dal decimale 0.5937, che sarà eguale a 0.84. Dunque la radice cubica di $\frac{38}{64}$ è 0.84.

## PROBLEMA XXXVII.

180. Rendere qualsivoglia radice prossima di un'intero, alla vera più prossima coll'ajuto de'decimali.

*Regola*. Estratta già la radice prossima cercata dal numero dato nel modo insegnato; si prosegua innanzi l'operazione, aggiungendovi prima al numero dato in luogo di decimali, tante altre parti composte di zeri, quanti sono i caratteri decimali che si vogliono aggiungere alla radice ritrovata, per renderla alla vera più prossima. La radice che si avrà, sarà alla vera più prossima, e tanto più prossima, quanto maggiore sarà il numero de'suoi caratteri decimali ritrovati.

ESEMPIO 1.°

Sia da ritrovare la radice quadrata di 875, e renderla alla vera più prossima.

```
           8,75,00,00,00        | radice
           4                    |--------
     4  | 47                    | 29.578
          841
    58  | 0340
          87025
   590  | 004750
          8743849
  5914  | 00061510
          874858084
          ---------
          000141916
```

Sarà dunque 29 la radice quadrata prossima, e 29.578 la radice più prossima.

ESEMPIO 2.°

Sia dato da estrarre la radice cubica di 32, e renderla alla vera più prossima.

```
           32,000,000           | radice
           27                   |--------
    27  | 050                   | 3.17
          29791
  2883  | 022090
          31855013
          --------
          00144897
```

Sarà dunque 3 la radice cubica prosssima, e 3.17 la radice più prossima.

## PROBLEMA XXXVIII.

181. Estrarre qualunque radice da un numero composto da intero e rotto.

*Regola.* Se il rotto non è decimale, si riduca a decimale § 58. Indi si divida per parti convenienti all'esponente della radice sì l'intero che il decimale; però in quello si proceda da destra a sinistra, ed in questo da sinistra a destra; e se l'ultima parte del decimale manca di qualche carattere, si supplisca co'zeri. Si estragga la radice cercata come se il numero fosse tutto interi. La radice ritrovata, separatone tanti decimali quante sono le parti distinte del decimale, sarà la radice cercata.

### ESEMPIO I.°

Sia da estrarsi la radice quadrata dal numero col rotto $824^{3}/_{7}$.

Si riduca il rotto dato a decimale, ed avremo $^{3}/_{7}$ eguale a 0.4285: si estragga dunque la radice quadrata come si è detto da 824.4285:

| | | radice |
|---|---|---|
| | 8,24,42,85 | |
| | 4 | 28.62 |
| 4 | 42 | |
| | 784 | |
| 56 | 0404 | |
| | 80796 | |
| 572 | 016468 | |
| | 8191044 | |
| | 0053241 | |

Dunque la radice quadrata di $824\ ^{3}/_{7}$ è 28.62

ESEMPIO 2.°

Sia da estrarsi la radice cubica da 89 $^4/_7$. Si riduca il rotto dato a decimale, ed avremo $^4/_7$ eguale a 0.571428. Si estragga dunque la radice cubica come si è detto da 89.571428:

```
             89,571,428          | radice
             64                  |--------
         ______                  | 4.47
     48 | 255
          85184
         _________
   5808 | 043874
          89314623
          ________
          00256805
```

Dunque la radice cubica di 89 $^4/_7$ è 4.47.

# CAPITOLO VI.

## DELLE RAGIONI E PROPORZIONI.

### DEFINIZIONI.

182. La *ragione* è il paragone di due grandezze dell'istesso genere, fatto circa la quantità di esse. Le due grandezze si dicono *termini* della ragione; e si dice quella che si paragona *antecedente*, e l'altra con cui si fa il paragone si chiama *conseguente*.

183. Le grandezze in aritmetica si contrassegnano con numeri, e co'numeri omogenei quelle che sono dello stesso genere. Possono anche le grandezze immaginarsi ed esprimerle con lettere, come in appresso sarà detto.

184. Tra l'antecedente ed il conseguente di ogni ragione, si frappongono due punti. Così se due grandezze dello stesso genere sono contrassegnate da due numeri 8 e 4, o da due lettere A e B, si dirà la ragione di esse, essere di 8 : 4, di A : B, o sia di 8 a 4, di A a B. L'antecedente in questa ragione è 8, il conseguente è 4.

185. In due maniere si possono le grandezze dello stesso genere, tra esse paragonare nella propria quantità; o osservando quante volte l'una contiene l'altra, o osservando di quanto una eccede l'altra.

186. La ragione dicesi *geometrica* se le grandezze si paragonano osservando quante volte l'antecedente contiene il conseguente; si dice poi *aritmetica* se il paragone si fa osservando di quanto l'antecedente eccede il conseguente.

Così se nella ragione di 8 : 4 si osserverà quante volte 8 contiene 4 sarà geometrica; ed aritmetica se si osserverà quante volte 8 supera 4.

187. Perchè una grandezza non può nè contenere nè avanzare un'altra, se entrambe non sono dello stesso genere: perciò non si può dare ragione se non tra due grandezze dello stesso genere, come tra lunghezza e lunghezza, tra moto e moto, tra tempo e tempo, ec.

188. *Quantità, esponente*, o *denominatore* della ragione, si dice nella geometrica il numero che dinota quante volte l'antecedente contiene il conseguente; e nell'aritmetica si dice la differenza del conseguente dall'antecedente.

Così se le ragioni di 8 : 4, 20 : 5, 3 : 7, ec. saranno geometriche, le quantità di esse saranno $^8/_4$, $^{20}/_5$, $^3/_7$, ec. o pure 2, 4, $^3/_7$ ec.; le ragioni di 5 : 3, 9 : 6, 13 : 8, ec. saranno aritmetiche, se le quantità di esse saranno 2, 3, 5, ec.

189. Due ragioni si dicono *eguali*, se le quantità di esse sono eguali.

Così le ragioni geometriche di $20 : 5$, e di $8 : 2$ sono eguali perchè in ambedue la quantità è 4; e le ragioni aritmetiche di $7 : 4$ e di $13 : 10$ sono eguali, perchè in entrambe la quantità è 3.

190. Una ragione geometrica si dice *semplice*, se è il paragone di due sole grandezze; si dice poi *composta* se la sua quantità, è il prodotto delle quantità di più ragioni semplici.

Così se $A : B$, $C : D$, $E : F$ sono più ragioni semplici; le quantità di esse saranno $\frac{A}{B}$, $\frac{C}{D}$, $\frac{E}{F}$, e la ragione che ha per quantità $\frac{A}{B} \times \frac{C}{D} \times \frac{E}{F}$, si dice composta delle ragioni semplici di $A:B$, di $C:D$, di $E:F$. Ma $\frac{A}{B} \times \frac{C}{D} \times \frac{E}{F} = \frac{A \times C \times E}{B \times D \times F}$, cioè eguale alla quantità della ragione di $A \times C \times E : B \times D \times F$, dunque la ragion composta di più ragioni, è il prodotto degli antecedenti al prodotto de' conseguenti.

191. Se A, B, C, D contrassegnano quattro grandezze tali, che la ragione di $A : B$ sia eguale a quella di $C : D$, la ragione delle due prime si dice *diretta* della ragione delle altre due. Se poi A, B, C, D contrassegnano grandezze di tale altra condizione, che la ragione di $A : B$ sia eguale a quella di $D : C$ la ragione delle due prime, si dice *reciproca* o *inversa* di quella delle altre due.

192. Si dice *proporzione* l'eguaglianza di due ragioni. E si dice proporzione geometrica, se le ragioni sono geometriche, e proporzione aritmetica se le ragioni sono aritmetiche. Per esprimere una proporzione si fa uso di mettere tra le due ragioni il segno :: o pure l'altro = che dinota eguaglianza; e nell'uno o nell'altro modo si

proferisce sempre così, $A : B :: C : D$, o A sta a B come C a D; o pure $S : M = N : O$, che si proferisce egualmente S sta ad M come N ad O.

Si avverte ancora che il segno $=$ si usa anche per dinotare, che due grandezze sono eguali: per esempio $A = B$ si proferisce A eguale a B; $2 \times 4 = 8$ si proferisce $2 \times 4$ eguale ad 8.

193. La proporzione si dice *discreta* se viene composta da quattro grandezze tutte diverse; e si dice *continua* se viene composta da tre, e quella di mezzo è conseguente della prima ragione, ed antecedente della seconda. Così $A : B :: C : D$ si dice proporzione discreta, e contiua $A : B = B : C$.

194. Le grandezze che formano la proporzione si dicono *termini proporzionali*, e quella di mezzo nella proporzione continua, si dice *mezzo proporzionale.*

195. Si dice *coefficiente* quel numero che precede qualunque grandezza, e che dinota quante volte tale grandezza è sommata.

Così $2m$, 2 è il coefficiente ed indica $m + m$; $4x$, il coefficiente 4 indica $x + x + x + x$.

196. Si disegna talune volte sotto una forma diversa un'eguaglianza che prende il nome di *equazione*, cioè a dire che dopo avere effettuiti i calcoli indicati da'segni accennati, si ottiene un' esatto risultamento; come per esempio $\frac{17 + 5 - 2 \times 4}{2} = 7$ è un'equazione: e si dice *primo membro* dell'equazione, quello indicante le operazioni a farsi, e *secondo membro* il risultato delle operazioni fatte.

197. Si dice *formola* un'equazione composta di espressioni astratte, da servire da regola per i calcoli da applicarsi, come per esempio $\frac{(x + 4)N - y}{6z} = f$, e ciò

significa che sostituendo ad $x$ un valore, cioè una lunghezza, una larghezza, ec. aggiuntovi 4, e quest'addizione moltiplicata per N che parimenti viene sostituito da valore, sottraendone $y$ che pure dev'essere sostituito, e questo risultato diviso per 6 volte il $z$ da sostituirvi anche un valore, è eguale ad $f$ che anche rappresenterà una qualche cosa da sostituire in valore.

### LEMMA.

198. In ogni proporzione il prodotto de' termini estremi, è eguale al prodotto de' termini di mezzo.

#### ESEMPIO.

Sia data la proporzione.

$$18 : 9 :: 12 : 6$$

Moltiplicando 9 per 12 fa 108, e $18 \times 6 = 108$.

### LEMMA.

199. Nella proporzione continua il prodotto de' termini estremi, è eguale al quadrato del mezzo proporzionale.

#### ESEMPIO.

Sia data la proporzione continua:

$$24 : 12 :: 12 : 6$$

$24 \times 6 = 144$, ed elevando a quadrato il 12 è anche eguale a 144.

## PROBLEMA XXXIX.

200. Dati tre termini della proporzione discreta, ritrovare il quarto proporzionale.

*Regola.* Si moltiplichi il secondo termine pel terzo, e si divida il prodotto pel primo termine. Il quoziente sarà il quarto proporzionale cercato.

ESEMPIO 1.°

Siano 12, 36, 47 i tre termini dati; sarà il quarto $\frac{36 \times 47}{12} = 141$. Dunque

$$12 : 36 :: 47 : 141.$$

ESEMPIO 2.°

Siano 18, 33, 35 i tre termini dati; sarà il quarto $\frac{33 \times 35}{18} = 64\,^1/_3$. Dunque

$$18 : 33 :: 35 : 64\,^1/_3.$$

ESEMPIO 3.°

Siano $12\,^1/_2$, $20\,^2/_3$, $14\,^1/_3$ i tre termini dati: sarà il quarto $= \frac{20\,^2/_3 \times 14\,^1/_3}{12\,^1/_2}$. Si riducano i rotti a decimali § 58, e si avrà $\frac{20.666 \times 14.333}{12.50} = 23.7$. Dunque

$$12\,^1/_2 : 20\,^2/_3 :: 14\,^1/_3 : 23\,^7/_{10}.$$

PROBLEMA XL.

201. Dati due termini della proporzione continua, ritrovare il terzo proporzionale.

*Regola.* Si divida pel primo termine, il quadrato del secondo, il quoziente sarà il terzo termine proporzionale cercato.

ESEMPIO 1.°

Siano 8 e 12 i due termini dati: sarà il terzo $\frac{12^2}{8} = \frac{144}{8} = 18$. Dunque

$$8 : 12 :: 12 : 18.$$

ESEMPIO 2°.

Siano 24 e 14 i due termini dati; sarà il terzo $\frac{14^2}{24} = \frac{196}{24} = 8\ ^1/_6$. Dunque

$$24 : 14 :: 14 : 8\ ^1/_6$$

ESEMPIO 3.°

Siano 8 $^1/_2$ e 12 $^1/_4$ i due termini dati. Si riducano i rotti a decimali, e si avrà che i termini sono 8.50 e 12.25; sarà il terzo $\frac{(12.25)^2}{8.50} = 17.772 = 17\ ^4/_5$. Dunque

$$8\ ^1/_2 : 12\ ^1/_4 :: 12\ ^1/_4 : 17\ ^4/_5$$

## PROBLEMA XLI.

202. Dati i termini estremi della proporzione continua, ritrovare il mezzo proporzionale.

*Regola*. Si moltiplichino insieme i termini dati, e dal prodotto se ne estragga la radice quadrata: tale radice sarà il mezzo proporzionale cercato.

ESEMPIO 1.°

Siano 4 e 9 i termini estremi dati; sarà il medio $\sqrt[2]{4 \times 9} = \sqrt[2]{36} = 6$. Dunque

$$4 : 6 :: 6 : 9$$

ESEMPIO 2.°

Siano 8 e 21 i termini estremi dati: sarà il medio $\sqrt[2]{8 \times 21} = \sqrt[2]{168} = 12.9$ circa. Dunque

$$8 : 12.9 :: 12.9 : 21$$

Se vi sono ne' termini dati de'rotti, si ridurranno prima a decimali, § 58, e poi si farà la indicata operazione.

# CAPITOLO VII.

## MISURE DELLE SUPERFICIE, E DE'SOLIDI.

## AVVERTIMENTO.

Negli esempi di questi calcoli faremo uso delle nuove misure metriche, perchè usate in tutte le opere che trattano di valutazioni di macchine, onde avere una facilità a leggerle, intenderle, e trattarle nelle operazioni aritmetiche. A quale oggetto nell'appendice daremo un dettagliato esame di questo sistema, ed un confronto di tali misure con le nostre e quelle più in uso all'estero, e viceversa.

### PROBLEMA XLII.

203. Determinare la superficie di un quadrato o di un rettangolo.

*Regola.* Bisogna moltiplicare la lunghezza per la larghezza, ed il prodotto esprimerà in unità quadrate la superficie cercata.

ESEMPIO 1.°

Cercare la superficie di un quadrato di 12.$^{m}$5 di lato. 12.$^{m}$5 × 12.$^{m}$5 = 156.$^{mq}$25 superficie chiesta del quadrato. In altri termini per trovare la superficie di un quadrato, basta moltiplicare la base per se stessa.

ESEMPIO 2.°

Cercare la superficie di un rettangolo di 8.$^{m}$56 di lunghezza sopra 4.$^{m}$15 di larghezza; 8$^{m}$56 × 4.$^{m}$15 = 35.$^{mq}$524 superficie del rettangolo.

## PROBLEMA XLIII.

204. Determinare la superficie di un rombo, o di un romboide.

*Regola.* Bisogna moltiplicare la lunghezza, o sia la base per l'altezza, il prodotto sarà la superficie cercata.

ESEMPIO 1.°

Determinare la superficie di un rombo di cui la lunghezza è 0.$^{m}$25, e l'altezza è 0.07; 0.$^{m}$25 × 0.$^{m}$07 = 0.$^{mq}$0175 superficie del rombo.

ESEMPIO 2.°

Determinare la superficie di un romboide, di cui la lunghezza è 1.$^{m}$28 e l' altezza è 0.$^{m}$78. 1.$^{m}$28 × 0.$^{m}$78 = 0.$^{mq}$9984 superficie del romboide.

## PROBLEMA XLIV.

205. Determinare la superficie di un trapezio, di cui soltanto due lati opposti sono paralleli.

*Regola*. Bisogna sommare insieme le lunghezze de'lati paralleli, e questa somma moltiplicarla per l'altezza, la metà del prodotto sarà la superficie cercata.

ESEMPIO.

Determinare la superficie di un trapezio, i di cui lati paralleli hanno di lunghezza uno $7.^{m}15$, l'altro $6.^{m}25$, per altezza $0.^{m}75$

$$\begin{array}{r} 7.^{m}\,15 \\ 6.^{m}\,25 \\ \hline 13.^{m}\,40 \end{array} \times 0.^{m}\,75 = 10.^{mq}\,05$$

$$\frac{10.^{mq}\,05}{2} = 5.^{mq}\,025 \text{ superficie del trapezio.}$$

## PROBLEMA XLV.

206. Determinare la superficie di un triangolo.

*Regola*. Bisogna moltiplicare la base per la metà dell'altezza, il prodotto sarà la superficie cercata.

ESEMPIO.

Determinare la superficie di un triangolo, di cui la base è $8.^{m}5$ e l'altezza è $4.^{m}6$

$$8.^{m}\,5 \times 4.^{m}\,6 = 39.^{mq}\,10.$$

$$\frac{39.10}{2} = 19.^{mq}55 \text{ superficie del triangolo.}$$

## PROBLEMA. XLVI.

207. Determinare la superficie di un trapezoide.

*Regola*. Si tira una diagonale, che lo divide in due triangoli. La somma della superficie de'due triangoli, sarà la superficie del trapezoide.

ESEMPIO.

Determinare la superficie di un trapezoide che ha la diagonale di lunghezza 12.$^{m}$ 75, le altezze de' due triangoli, considerando la diagonale per base comune, una di 0.$^{m}$89 e l'altra 1.$^{m}$ 07.

$$12.75 \times 0.89 = 11.^{mq} 347$$
$$12.75 \times 1.07 = 13. \; 642$$
$$\frac{11.347}{2} = 5.^{mq} 673$$
$$\frac{13.642}{2} = 6.^{mq} 821$$
$$12. \; 494$$ superficie del trapezoide.

## PROBLEMA XLVII.

208. Determinare la superficie di qualunque poligono regolare.

*Regola*. Bisogna moltiplicare la somma de' suoi lati, o il perimetro, per la perpendicolare abbassata dal centro sopra uno de' lati, e metà di questo prodotto sarà la superficie del poligono.

ESEMPIO.

Determinare la superficie di un pentagono regolare, di cui la lunghezza di ciascun lato è 9.$^{m}$8 e la perpendicolare è 5.$^{m}$6.

$$\frac{9.8 \times 5 \times 5.6}{2} = 137.^{mq}20$$ superficie del pentagono.

209. Comparando la lunghezza della circonferenza sviluppata al diametro di un cerchio, si è trovato che il rapporto costante tra queste due lunghezze, era come 22 : 7, o in frazioni decimali come 3,1416 : 1, cioè a

dire la circonferenza è eguale a 3.1416 volte la lunghezza del diametro. Si rappresenta per costumanza questo rapporto colla lettera $\pi$.

E si ha la formola ; circonf. $= \pi$ D ; D esprimendo il diametro. Sostituendo al diametro il raggio, la formola diventa : circonferenza $= \pi$ R ; R esprimendo il raggio.

Col mezzo di questa formola è facilissimo trovare il raggio di un cerchio, di cui si conosce la circonferenza ; e reciprocamente trovare la circonferenza di un cerchio conoscendo il raggio.

## PROBLEMA XLVIII.

210. Determinare il raggio di un cerchio, di cui si conosce la circonferenza.

*Regola*. Bisogna dividere la circonferenza pel valore di $2\pi$, o sia 6.2832, il quoziente è il raggio del cerchio.

### ESEMPIO.

Determinare il raggio di un cerchio di cui la circonferenza è $8^{m}5$

$$\frac{8.^{m}5}{2} : 3.1416 = \frac{8.^{m}5}{6.2832} = 1.^{m}35$$ raggio del cerchio.

## PROBLEMA XLIX.

211. Determinare la circonferenza di un cerchio, di cui si conosce il raggio.

*Regola*. Bisogna moltiplicare il raggio per $2\pi$, o per 6.2832 , il prodotto sarà la circonferenza.

ESEMPIO.

Determinare la circonferenza di un cerchio, di cui il raggio è $1.^m35$

$1.^m35 \times 6.2832 = 8.^m5$ circonferenza del cerchio.

## PROBLEMA L.

212. Determinare la superficie di un cerchio.

*Regola.* Bisogna moltiplicare la circonferenza per la metà del raggio; per lo che si ha la seguente formola:

$$\text{Superficie del cerchio} = 2\,\pi\,r \times \frac{r}{2}$$

In questa formola 2 moltiplica e divide, ed $r \times r = r^2$, percui può semplificarsi in questo modo; superficie del cerchio $= \pi . r^2$. Questa equazione permette di trovare facilmente la superficie di un cerchio, conoscendo il raggio, e reciprocamente trovare il raggio conoscendo la superficie del cerchio.

## PROBLEMA LI.

213. Determinare la superficie di un cerchio conoscendo il raggio.

*Regola.* Bisogna elevare il raggio a quadrato, e moltiplicarlo per $\pi$ o 3.1416, il prodotto è la superficie del cerchio domandata.

ESEMPIO.

Determinare la superficie di un cerchio di cui il raggio è $1.^m05$.

$$(1.^m05)^2 \times 3.1416 = 3.^{mq}46.$$

## PROBLEMA LII.

214. Determinare il raggio di un cerchio, di cui si conosce la superficie.

*Regola.* Bisogna dividere la superficie del cerchio per $\pi$, o 3.1416, ed estrarre la radice quadrata dal quoziente: questa radice sarà il raggio domandato.

ESEMPIO.

Determinare il raggio del cerchio, di cui la superficie è 3.mq46.

$$\sqrt[2]{\frac{3.46}{3.1416}} = 1.^{m}05 \text{ raggio del cerchio.}$$

## PROBLEMA LIII.

215. Determinare la superficie di un settore di cerchio.

*Regola.* Bisogna moltiplicare la lunghezza sviluppata dell'arco pel raggio del cerchio, e la metà del prodotto sarà la superficie domandata.

ESEMPIO.

Determinare la superficie di un settore circolare, di cui l'arco è 12.m25, e di cui il raggio è 8.m12.

$$\frac{12.25 \times 8.12}{2} = \frac{99.^{mq}47}{2} = 49.^{mq}73.$$

## PROBLEMA LIV.

216. Determinare la superficie di un segmento di cerchio.

*Regola.* Bisogna prendere il cubo della freccia, e dividerlo per 2 volte la lunghezza della corda, poi aggiungere tal quoziente a $^2/_3$ del prodotto della corda per la freccia. La somma totale dà presso a poco la superficie del segmento.

ESEMPIO.

Determinare la superficie di un segmento di cerchio, di cui la corda è 48, e la freccia è 18

$$\frac{18^3}{48 \times 2} = 60.7$$

$$\frac{2 \times 48 \times 18}{3} = 576 + 60.7 = 636.7$$ superficie del segmento.

Si troverebbe direttamente la superficie di un segmento, determinando la superficie di un settore dello stesso raggio, dalla quale se ne dedurrebbe la superficie del triangolo; il residuo sarebbe la superficie del segmento.

## PROBLEMA LV.

217. Determinare la superficie di una corona di un'anello, o di qualunque altro spazio rinchiuso tra due cerchi concentrici.

*Regola.* Bisogna unire insieme i diametri de' due cerchi, moltiplicare la loro somma per la loro differenza, e pel decimale 0.7854, il prodotto sarà la superficie domandata.

ESEMPIO.

Determinare la superficie di uno spazio circoscritto da due cerchi concentrici, di cui i diametri sono 8^e e 5^e

Somma $= 8 + 5 = 13$

Differenza $= 8 - 5 = 3$

$13 \times 3 \times 0.7854 = 30.^{eq}\,63$ superficie domandata.

## PROBLEMA LVI.

218. Determinare la superficie di un'ellisse.

*Regola.* Bisogna moltiplicare l'asse maggiore per l'asse minore, e per 0.7854 il prodotto è la superficie domandata.

ESEMPIO.

Cercare la superficie di un'ellisse, di cui l'asse maggiore è 10.$^{e}$ ed il minore 8.$^{e}$

10.$^{e}$ $\times$ 8.$^{e}$ $\times$ 0.7854 = 62.$^{eq}$ 83 superficie domandata.

Se si moltiplica la semi-somma de' due assi per 3.1416, il prodotto sarà la circonferenza o perimetro dell'ellisse presso a poco.

ESEMPIO.

$$\frac{10+8}{2} = 9 \times 3.1416 = 28.^{e}\ 2744.$$

## PROBLEMA LVII.

219. Determinare la superficie convessa di un cilindro retto.

*Regola.* Moltiplicate la circonferenza della base per l'altezza del cilindro; il prodotto sarà la superficie domandata.

ESEMPIO.

Determinare la superficie convessa di un cilindro, di cui il diametro della base è 1.$^{m}$ 3, e l'altezza è 3.$^{m}$ 5.

Circonf. della base $= 2\pi r$; il raggio essendo $r = \frac{d}{2}$ la formola diventa

Circonf. $= \pi d$, *o* 3.1416 $\times$ 1.$^{m}$3 = 4.$^{m}$ 08; 4.$^{m}$ 08 $\times$ 3.$^{m}$5 = 14.$^{mq}$ 280 superficie convessa.

## PROBLEMA LVIII.

220. Determinare la superficie convessa di un cono retto.

*Regola.* Moltiplicate la circonferenza della base per la generatrice, e la metà del prodotto sarà la superficie convessa domandata.

ESEMPIO.

Determinare la superficie convessa di un cono, di cui il diametro della base è $1.^{m} 7$ e la generatrice $2.^{m} 8$.

Circonf. $= 3.1416 \times 1.^{m} 7 = 5.^{m} 34$.

$$\frac{5.^{m} 34 \times 2.^{m} 8}{2} = 14.^{mq} 952$$

$$\frac{14.^{mq} 952}{2} = 7.^{mq} 476$$

Se il diametro del cono fosse dato 8 pollici, e la generatrice 14 pollici, il calcolo sarebbe lo stesso

$$3.1416 \times 8 = 25.^{pol} 13$$

$$\frac{25.^{pol} 13 \times 14}{2} = 351,82$$

$$\frac{351.82}{2} = 175.^{pq} 91$$

## PROBLEMA LIX.

221. Determinare la superficie di una piramide qualunque.

*Regola.* Trovate la superficie di tutti i triangoli che la compongono § 206, la somma di queste superficie, sarà la superficie cercata.

ESEMPIO.

Determinare la superficie di una piramide pentagona, i di cui triangoli hanno per base 2.7, 3.2, 4.09, 3.12, 3.88; e per altezze 5.13, 6.08, 5.44, 4.97, 5.03.

$$\begin{aligned} 2.7 \times 5.13 &= 13.851 \\ 3.2 \times 6.08 &= 19.456 \\ 4.09 \times 5.44 &= 22.2496 \\ 3.12 \times 4.97 &= 15.5064 \\ 3.88 \times 5.03 &= 19.5164 \\ \hline & \phantom{=} 90.5794 \end{aligned}$$

$$\frac{90.5794}{2} = 45.^{mq} 29 \text{ superficie della piramide.}$$

Se la piramide avesse tutt'i triangoli di eguale altezza, si può fare uso della seguente:

*Regola.* Moltiplicate il perimetro della base per l'altezza di uno de' triangoli, la metà del prodotto sarà la superficie domandata.

ESEMPIO.

Determinare la superficie di una piramide quadrata, di cui il lato del quadrato è $2.^m 7$ e l'altezza del triangolo $4.^m 82$.

$$4 \times 2.7 = 8.^m 28$$

$$8.28 \times 4.82 = 39.^{mq} 9096$$

$$\frac{39.9096}{2} = 19.^{mq} 9548 \text{ superficie della piramide.}$$

## PROBLEMA LX.

222. Determinare la superficie convessa di un cono retto tronco.

*Regola.* Moltiplicate la somma delle circonferenze estreme per la generatrice, e la metà del prodotto sarà la superficie domandata.

ESEMPIO.

Determinare la superficie di un cono retto tronco, di cui il diametro della base è $1.^m 6$, quello del cerchio superiore è $0.^m 9$, e la generatrice è $2.^m 4$.

Circonf. inferiore $3.1416 \times 1.^m 6 = 5.^m 03$

Circonf. superiore $3.1416 \times 0.^m 9 = 2.^m 83$

somma $7.^m 86$

$$\frac{7.^m 86 \times 2.^m 4}{2} = 9.^{mq} 432 \text{ superficie domandata.}$$

## PROBLEMA LXI.

223. Determinare la superficie di una piramide tronca qualunque.

*Regola*. Trovate le superficie di tutt'i trapezî che la compongono § 205, la somma di queste superficie, sarà la superficie cercata.

ESEMPIO.

Determinare la superficie della piramide tronca quadrilatera, le basi de'di cui trapezî sono 4.7, 3.12, 5.02 3.97; i rispettivi lati opposti paralleli 2.94, 3.0, 4.58, 3.04; e le altezze rispettive 12.7, 11.82, 11.75, 11.84,

$\frac{4.7 + 2.94}{2} = 3.82$; e $3.82 \times 12.7 = 48.514$

$\frac{3.12 + 3}{2} = 3.06$; e $3.06 \times 11.82 = 36.169$

$\frac{5.02 + 4.58}{2} = 4.80$; e $4.80 \times 11.75 = 56.4$

$\frac{3.97 + 3.04}{2} = 3.505$; e $3.505 \times 11.84 = 41.499$

182.582

superficie cercata.

Se la piramide tronca avesse tutt'i trapezî di eguale altezza, si può fare uso della seguente :

*Regola*. Moltiplicate la somma de' perimetri de' due rettilinei opposti per l'altezza di uno de' trapezî, la metà del prodotto sarà la superficie domandata.

ESEMPIO.

Determinare la superficie della piramide quadrata tronca, di cui il lato del quadrato inferiore è $1.^m7$, quello del quadrato superiore è $0.^m75$, e l'altezza di un trapezio è $2.^m4$.

Perimetro inferiore $1.7 \times 4 = 4.^{m}28$
Perimetro superiore $0.75 \times 4 = 3.\ 00$

somma $7.^{m}28$

$\frac{7.^{m}28 \times 2.^{m}4}{2} = 8.^{mq}736$ superficie laterale.

## PROBLEMA LXII.

224. Determinare la superficie di una sfera.

*Regola.* Moltiplicate il quadrato del diametro per 3.1416, il prodotto sarà la superficie domandata.

ESEMPIO.

Determinare la superficie di una sfera il di cui diametro è $0.^{m}25$.

$\overline{0.25}^{2} \times 3.1416 = 0.^{mq}196$ superficie domandata.

## PROBLEMA LXIII.

225. Determinare la superficie di un segmento sferico.

*Regola.* Moltiplicate l'altezza del segmento per tutto il cerchio massimo della sfera, il prodotto sarà la superficie domandata.

ESEMPIO.

Determinare la superficie di un segmento sferico, che ha per altezza o freccia $0.^{m}15$ essendo il diametro della sfera $1.^{m}3$.

$3.1416 \times 1.^{m}3 \times 0.^{m}15 = 0.^{mq}614$ superficie domandata.

## PROBLEMA LXIV.

226. Determinare la superficie di un prisma retto.

*Regola.* Moltiplicate il perimetro della base per uno de' lati perpendicolari alla medesima base, il prodotto sarà la superficie cercata.

ESEMPIO.

Determinare la superficie di un prisma retto, che ha per base un pentagono il di cui lato è 0.$^{m}$48, e per lato o altezza 2.$^{m}$15.

0.$^{m}$48 $\times$ 5 $\times$ 2.$^{m}$15 $=$ 5.$^{mq}$16 superficie domandata.

Se poi il prisma fosse obbliquo, si può fare uso della seguente:

*Regola.* Moltiplicate il perimetro di una sezione perpendicolare a' lati del prisma per uno de' lati; il prodotto sarà la superficie cercata.

ESEMPIO.

Determinare la superficie di un prisma obbliquo, che ha una sezione perpendicolare a' lati, il di cui perimetro è 18.$^{m}$72, ed uno de' lati 2.$^{m}$15.

18.72 $\times$ 2.15 $=$ 40.$^{mq}$248 superficie cercata.

## PROBLEMA LXV.

227. Determinare la solidità di un parallelepipedo.

*Regola.* Moltiplicate la base per l'altezza, o in altri termini si deve moltiplicare la larghezza per la lunghezza della base, e questo prodotto moltiplicarlo per l'altezza del parallelepipedo, ciò che si avrà sarà la solidità domandata espressa in unità cube.

ESEMPIO.

Determinare la solidità di un parallelepipedo, la di cui base ha di larghezza 0.$^{m}$ 18, di lunghezza 1.$^{m}$ 4, e l'altezza del solido essendo 0.$^{m}$ 22.

$0.18 \times 1.4 \times 0.22 = 0.^{mc} 05544$ solidità domandata.

## PROBLEMA LXVI.

228. Determinare la solidità di un cubo.

*Regola.* Si pratica la regola enunciata nel § precedente; e siccome questo solido è circoscritto da quadrati, basta avere un lato della base per moltiplicarlo due volte per se stesso, e si avrà la solidità domandata.

ESEMPIO.

Determinare la solidità di un cubo, la di cui base ha per lato 3.$^{m}$ 4.

$$(3.^{m} 4)^{3} = 39.^{mc} 304$$

## PROBLEMA LXVII.

229. Determinare la solidità di un cilindro.

*Regola.* Moltiplicate la superficie della base per l' altezza, ed il prodotto sarà la solidità domandata.

ESEMPIO.

Determinare la solidità di un cilindro, che ha per diametro alla base 1.$^{m}$ 3, e per altezza 3.$^{m}$ 5.

Superficie circolare $= \frac{\pi d^{2}}{4}$, perchè $r = \frac{d}{2}$, ed $r^{2} = \frac{d^{2}}{4}$

Ma $\frac{\pi}{4}$ è un rapporto costante spessissimo impiegato, ed esprime il rapporto del cerchio iscritto al quadrato circoscritto, ed eguale alla frazione decimale 0.7854: la formola diventa.

Superf. circol. $= 0.7854 \times \overline{1.^{m}3}^{2} = 1.^{mq}327$, ed $1.^{mq}327 \times 3.^{m}5 = 4.^{mc}64$ solidità cercata.

## PROBLEMA LXVIII.

230. Determinare la solidità di un prisma.

*Regola.* Moltiplicate la superficie della base per l'altezza, il prodotto sarà la solidità domandata.

ESEMPIO.

Determinare la solidità di un prisma pentagono, che ha per altezza $3.^{m}2$ e per base un pentagono di cui il lato è $1.^{m}4$, e la perpendicolare $0.^{m}82$.

$$\frac{1.^{m}4 \times 5 \times 0.^{m}82}{2} = 2.^{mq}87;\ 2.87 \times 3.^{m}2 = 9.^{mc}184$$

solidità domandata.

## PROBLEMA LXIX.

231. Determinare la solidità di un cono.

*Regola.* Moltiplicate la superficie della base per l'altezza, il terzo del prodotto sarà la solidità domandata.

ESEMPIO.

Determinare la solidità di un cono, di cui il diametro della base è $1.^{m}7$, e l'altezza $2.^{m}4$.

Superficie della base $0.7854 \times (1.^{m}7)^{2} = 2.^{mq}27$.

$$\frac{2.^{mq}27 \times 2.^{m}4}{3} = 1.^{mc}816 \text{ solidità domandata.}$$

## PROBLEMA LXX.

232. Determinare la solidità di una piramide.

*Regola.* Moltiplicate la superficie della base per l'altezza, il terzo del prodotto sarà la solidità domandata.

ESEMPIO.

Determinare la solidità di una piramide quadrangolare, di cui il lato della base è $1.^{m}8$ e l'altezza $2.^{m}4$.

$$(1.^{m}8)^2 = 3.^{mq}24$$

$$\frac{3.^{mq}24 \times 2.^{m}4}{3} = 2.^{mc}592 \text{ solidità domandata.}$$

## PROBLEMA LXXI.

233. Determinare la solidità di un cono retto tronco.

*Regola.* Moltiplicate i due diametri de' cerchi, aggiungete la somma de' loro quadrati, moltiplicate questa somma per l'altezza e per 0.2618, il prodotto sarà la solidità domandata.

ESEMPIO.

Determinare la solidità del cono retto tronco, di cui il diametro della base è $1.^{m}6$, quello del cerchio superiore $0.^{m}9$, e l'altezza $2.^{m}01$.

$$1.^{m}6 \times 0.^{m}9 = 1.^{mq}44$$

$$1.^{mq}44 + 2.56 + 0.81 = 4.81$$

$$4.81 \times 2.01 = 9.67$$

$$9.67 \times 0.2618 = 2.^{mc}53 \text{ solidità domandata.}$$

## PROBLEMA LXXII.

234. Determinare la solidità di una piramide tronca.

*Regola*. Bisogna sommare le superficie delle basi, aggiungere la radice quadrata del loro prodotto, moltiplicare questa somma per l'altezza, il terzo del prodotto sarà la solidità domandata.

ESEMPIO.

Determinare la solidità di una piramide tronca, di cui l'altezza è $1.^{m}25$, la superficie della base $2.^{mq}5$, e quella superiore $1.^{mq}8$.

$$2.^{mq}5 + 1.^{mq}8 = 4.^{mq}3$$

$$\sqrt[2]{4.^{mq}5} = 2.^{m}12$$

$$\frac{(4.^{mq}3 + 2.^{m}12)\ 1.^{m}25}{3} = 2.^{mc}675 \text{ solidità domandata.}$$

## PROBLEMA LXXIII.

235. Determinare la solidità di una sfera.

*Regola*. Bisogna moltiplicare il cubo del diametro per 0.5236, il prodotto sarà la solidità domandata.

ESEMPIO.

Determinare la solidità di una sfera di diametro $0.^{m}25$.

$(0.^{m}25)^{3} \times 0.5236 = 0.^{mc}00818$ solidità domandata.

La regola per avere la superficie sferica è ricavata dalla formola $4\pi r^{2}$.

Di fatti la geometria dimostra, che la superficie sferica è quadrupla di quella di un cerchio massimo. Ora il dia-

metro $d = 2r$, e $d^2 = 4r^2$, nella formola superf. sfer. $= 4\pi r^2$, mettiamo $d^2$ in vece di $4r^2$, e la formola si semplifica, superficie della sfera $\pi d^2$.

La seconda regola è anche fondata sulla geometria, che dimostra essere la solidità di una sfera eguale $\frac{4}{3}\pi r^3$. Se si sostituisce al raggio il diametro, la formola diventa:

$$\text{vol. sfer.} = \frac{4}{3}\frac{\pi d^3}{8}, \text{ poichè } r^3 = \frac{d^3}{8}$$

Ora i rapporti $\frac{4}{3} \times \frac{\pi}{8}$ sono costanti, e danno il decimale o.5236, la formola diventa.

$$0.5236 \times d^3.$$

## PROBLEMA LXXIV.

236. Determinare la solidità di un segmento sferico.

*Regola.* Bisogna sommare il quadrato dell'altezza con tre volte il quadrato del raggio della base, e questa somma moltiplicarla per l'altezza e per o.5236, il prodotto sarà la solidità domandata.

### ESEMPIO.

Determinare la solidità di un segmento di una sfera, che ha per diametro 1.$^m$3, l'altezza del segmento o.$^m$15, e la base o.$^m$9.

$(\overline{0.15^2} + 3 \times \overline{0.^m65^2})\ 0.^m9 \times 0.5236 = 0.^{mc}608$ solidità domandata.

# CAPITOLO VIII.

## PROBLEMI DI MECCANICA.

### DEFINIZIONI.

237. Si dice *Meccanica* la scienza che tratta del moto, e dell' equilibrio de' corpi.

Si dice *Dinamica* quella parte della meccanica, che esamina i moti de' corpi duri;

*Statica* quella che considera l'equilibrio de' medesimi corpi;

*Idrostatica* quella che tratta dell' equilibrio de' corpi fluidi;

*Idrodinamica* quella che esamina il moto de' fluidi.

238. Si chiama *massa* di un corpo, la somma delle parti di materia delle quali viene esso composto.

239. Si dice *volume* di un corpo, l'estensione che ha in lunghezza, larghezza, e profondità.

240. Siccome non tutt' i corpi sono della medesima densità, ma bensì hanno de' pori più o meno grandi ne deriva;

1.° Che il volume di un corpo eccede sempre quello della sua massa di quanto è la somma de' suoi pori;

2.° Che non tutt'i corpi sotto eguali volumi racchiudono masse eguali.

241. Si dicono due corpi dell'istessa *densità*, se sotto a volumi eguali hanno masse eguali. Si dice poi un corpo essere due, tre, quattro volte ec. più denso di un' altro, se sotto a volumi eguali uno contiene due, tre, quattro volte ec. più o meno massa dell'altro; o se con-

tenendo masse eguali, il volume di uno è la metà, il terzo, il quarto ec. o il doppio, il triplo, il quadruplo ec. del volume dell' altro.

242. Le densità di due corpi, sono nella ragione diretta delle masse se saranno eguali i volumi, e nella ragione inversa de' volumi se le masse saranno eguali. E perciò se vi sarà disuguaglianza e nelle masse e nei volumi, la ragione della densità sarà composta dalla diretta di quella delle masse, e dalla inversa di quella de' volumi.

243. Si dice *luogo* di un corpo la porzione di spazio che occupa.

244. Si dice *moto* quella forza la quale qualora è in un corpo, e non viene distrutta da altra eguale e contraria, l' obbliga a mutare continuamente luogo.

245. Si dice *quiete* lo stato di un corpo privo di moto.

246. Si dice *inerzia* l'indifferenza de' corpi alla quiete o al moto.

247. Si dice *spazio* corso da un corpo che si muove, la linea per cui il corpo si è trasferito.

248. Due corpi in moto si dicono *egualmente veloci*, se in tempi eguali percorrono spazî eguali. Si dice poi di due corpi che si muovono avere uno, due, tre, quattro volte ec. più velocità dell'altro, se uno corre due, tre, quattro volte ec. più spazio dell' altro nello stesso tempo, o in tempi eguali; o pure se nel correre eguali spazî uno impiega la metà, il terzo, il quarto, ec. del tempo, che impiega l' altro.

249. Dicesi *forza d'inerzia* quella per la quale i corpi resistono alle cagioni che producono il cambiamento del loro stato di quiete, o di moto.

250. Dicesi comunemente *reazione* la forza d' inerzia contraria.

251. Si dicono *forze motrici* quelle che comunicano moto a' corpi.

252. Si dice *direzione* di una forza o di un moto, la linea retta per la quale la forza fa la sua azione, o un corpo riceve il moto.

253. Il moto acquistato da un corpo si dice *semplice* o *composto*, secondocchè è prodotto da una forza motrice o da più che vi fanno insieme azione.

254. Il moto di un corpo si dice *equabile* se si conserva sempre lo stesso, ed in conseguenza il corpo conserva sempre la stessa velocità; si dice poi *variabile* se continuamente si muta, e per conseguenza il corpo continuamente muta la sua velocità.

255. Il moto variabile si dice *accelerato* o *ritardato*, secondocchè si va continuamente accrescendo o diminuendo, e per conseguenza si va accrescendo o diminuendo la velocità del corpo.

256. Il moto accelerato o ritardato si dice *uniformemente accelerato*, o *uniformemente ritardato*, se il guadagno o la perdita di velocità, che si va successivamente facendo, si accresce a proporzione del tempo.

257. Si dicono *forze cospiranti* quelle che spingono insieme un corpo per la stessa direzione. *Forze opposte* quelle che insieme lo spingono per direzioni contrarie; e forze di *mezzana cospirazione* quelle che insieme lo spingono per direzioni che formano angolo tra loro.

258. Si chiama *forza composta o risultante* quando due o più forze, che facendo azioni in un medesimo istante su di un corpo comunicano allo stesso un moto per la stessa direzione. Si dicono forze *componenti* quelle che insieme comunicano il moto.

259. Si dice *urto* o *percussione* l'azione che fa un corpo in moto, su di un'altro che incontra.

260. Si dirà un corpo urtare *direttamente* o *obbliquamente* un'altro, secondocchè si muoverà per una retta perpendicolare o obbliqua al piano che tocca entrambi i corpi nel luogo dell'urto.

261. Si dicono corpi *elastici* que'corpi che nell'urto le loro parti si comprimono, e cessato l'urto riprendono lo stato primitivo.

262. Si dice *elasticità* o *forza elastica*, la forza per cui si spiegano le parti de'corpi elastici piegate prima dell'urto.

263. Si dice *piano orizzontale*, quel piano che non inclina da niuna parte verso il centro. Come pure si dice *verticale*, ogni piano perpendicolare a questo.

264. Dicesi *piano inclinato*, quello che coll'orizzontale forma qualunque angolo obbliquo.

265. Fig. 32. Sia AB qualunque piano inclinato, CB il piano orizzontale al quale quello è inclinato, ed AC una perpendicolare calata su BC da qualunque punto del piano AB. Si chiama *lunghezza* del piano inclinato AB; AC l'*altezza*; ed ABC l'*angolo d'inclinazione*.

266. Si dice *gravità assoluta* di un corpo quella che lo spinge per la verticale; e *gravità rispettiva*, quella porzione della gravità assoluta che lo spinge, obbligandolo a discendere per un piano inclinato.

267. Si chiama *Macchina* ogni istrumento con cui si può innalzare, trasportare, premere, o rompere qualunque corpo, con risparmio o di forza o di tempo.

268. Si dicono in ogni macchina *potenza*, la forza che vi si applica per muoverla, e *resistenza* la forza che si oppone alla potenza.

269. Si dice in una macchina *centro di moto* quel punto intorno a cui essa si muove quando è in moto.

270. Chiamansi *momenti* della potenza, e della resistenza, non le azioni che esse fanno sulla macchina; ma

le azioni che fanno l'una sull'altra, coll'ajuto della macchina in ogni istante; in altri termini i momenti sono le azioni della potenza e della resistenza moltiplicate per le rispettive distanze dal centro di moto.

271. Si dicono in qualunque macchina, la potenza e la resistenza essere in *equilibrio,* se hanno relativamente al centro di moto momenti eguali.

272. Si chiama *centro di gravità* di un corpo il punto per dove passa la forza, risultante dalle forze particolari, di cui ciascuna parte di questo corpo sarebbe animata dall'azione naturale della gravità, in qualunque situazione si mette lo stesso corpo.

273. Si dicono per rispetto di qualunque corpo *diametro della gravità* e *piano della gravità,* ogni retta o ogni piano che passano pel suo centro di gravità.

274. Si dice di qualunque corpo la *linea di direzione* la verticale che passa pel suo centro di gravità.

275. Si chiama *centro di gravità di un sistema* di corpi, cioè a dire di una riunione qualunque di corpi, il punto per dove passa la forza risultante dalle forze particolari, di cui ciascuna parte del sistema sarebbe animata dall'azione naturale della gravità, in qualunque situazione si mettesse un tal sistema.

276. Si dicono *macchine semplici* quelle che non sono composte da più semplici; ma da esse si compongono tutte le altre, che perciò si chiamano *composte.*

277. Le macchine semplici sono sei, cioè la *leva,* l'*asse nella ruota,* la *carrucula,* il *piano inclinato,* il *cuneo,* e la *vite.*

278. Si chiama *fluido* un'ammasso di parti slegate tra loro, e indistinguibili le une dalle altre col tatto e colla vista, che cedono ad ogni minima forza che viene loro impressa, e che cedendo facilmente tra loro si muovono.

279. Dicesi un fluido *compressibile*, se premuto si stringe in minor volume; e si dice *incompressibile* se premuto con qualunque forza non si stringe in volume minore.

280. Dicesi *gravità assoluta* il peso che hanno i corpi sotto volume qualunque, e *gravità specifica* quello che hanno sotto volumi eguali.

281. La resistenza relativamente alla potenza è in ragione inversa delle velocità o dello spazio percorso; cioè a dire che più sarà grande la velocità del peso a muovere, meno il peso dev'essere grave, e reciprocamente.

282. In meccanica vi è sempre una costante legge nell'applicazione delle macchine, cioè o *forza*, o *tempo*, vale a dire se vi è risparmio di forza, vi è consumo maggiore di tempo; e viceversa.

283. Tanto la potenza che la resistenza potendo essere espresse in kilogrammi, adotteremo questo sistema. (*V. l'avvertimento pagina* 92).

**DELLA LEVA.**

284. La *leva* è una barra inflessibile di qualunque materia, che si fa muovere intorno ad un suo punto col quale si tiene appoggiata a qualche sostegno: questo punto di sostegno dicesi *punto di appoggio*.

285. Quando una leva è in equilibrio, la potenza e la resistenza sono in ragione inversa della loro distanza dal punto di appoggio.

Così la potenza $P = 10.^{k}$ ( fig. 33 ) è alla resistenza $R = 20.^{k} :: bc : ab$, o come $bc = 1.^{m}$ ed $ab$ $2.^{m}$, e $P : R :: 1 : 2$, e da ciò $P \times ab = R \times bc$, o $10 \times 2 = 20 \times 1$.

Da questa proporzione risulta che se si conoscono tre delle quattro quantità che la compongono, si potrà sempre determinare la quarta § 200.

ESEMPIO 1.°

Un peso di $80^k$ sospeso all' estremità di una leva è a 2 decimetri di distanza dal punto di appoggio, ed un peso di 15.$^k$ è applicato a 8 decimetri dell'altro estremo; quale peso bisognerebbe aggiungere a' 15.$^k$ perchè equilibrasse gli 80.$^k$?

$\frac{80.^k \times 2}{8} = 20$, e $20 - 15 = 5.^k$ da aggiungere.

ESEMPIO 2.°

Un' asse di ruota idraulica ha 4 metri di lunghezza tra i suoi orecchioni A e B, il peso di questa ruota è valutata a 8000.$^k$, che possono essere considerati come sospesi ad 1.$^m$50 dal primo orecchione A; il peso di un altra ruota montata su questo asse è di 600.$^k$, che si trovano a 0.50 dall'orecchione B: si vorrebbe conoscere quale è il peso sostenuto da ciascuno degli appoggi:

Si ha $8000.^k : x :: 4 : 1.50$, o $x = 3000.^k$

Si ha ancora $600 : x :: 4 : 0.50$, ed $x = 75.^k$

Così l'orecchione B sosterrà $3000.^k + 525.^k = 3525$, e l'orecchione A sosterrà:

$$8000 + 600 - 3525 = 5075.^k$$

286. La potenza è alla resistenza in senso inverso delle loro rispettive velocità, lo che vuol dire che la potenza moltiplicata per lo spazio che percorre, è eguale alla resistenza moltiplicata per la sua velocità.

287. Due corpi quantunque ineguali in peso, ma di cui i momenti sono eguali, sospesi agli estremi di una leva si equilibreranno l'uno coll'altro in tutte le posizioni; poichè l'eccesso del peso di uno è compensato dall'eccesso della velocità dell'altro.

288. Si distinguono tre generi di leve risultanti dalle differenti posizioni della potenza e della resistenza dal punto di appoggio.

La leva di *primo genere* è quando trovasi la potenza ad un'estremo, la resistenza all'altro, ed il punto di appoggio in mezzo (fig. 34).

La leva di *secondo genere* quando il punto di appoggio è ad un'estremo, la potenza all'altro, e la resistenza in mezzo (fig. 35).

La leva di *terzo genere* quando il punto di appoggio è ad un'estremo, la resistenza all'altro, e la potenza in mezzo (fig. 36).

Nel primo e secondo caso il vantaggio acquistato è come la distanza della potenza al punto di appoggio, e la distanza della resistenza allo stesso punto.

Nel terzo caso può esservi equilibrio tra la potenza e la resistenza, se l'intensità della potenza eccede l'intensità della resistenza, di quanto la distanza della resistenza al punto di appoggio eccede la distanza della potenza allo stesso punto.

*Regola.* Moltiplicate la resistenza data per la sua distanza dall'appoggio, ed il prodotto dividetelo per la distanza della potenza; il quoziente sarà la potenza o il peso richiesto.

ESEMPIO.

Trovare la potenza necessaria per equilibrare un peso di 80.k su ciascuna delle tre leve, di cui la lunghezza comune è di 60 decimetri, e di cui la distanza della resistenza al punto di appoggio nella prima e seconda è di 10 decimetri, e nella terza la distanza dall'appoggio o resistenza alla potenza è di 10 decimetri:

$$1.^{o} \quad \frac{80 \times 10}{50} = 16.^{k}$$

$$2.^{o} \quad \frac{80 \times 10}{60} = 13.^{k}$$

$$3.^{o} \quad \frac{80 \times 60}{50} = 96.^{k}$$

Il secondo genere è lo più vantaggioso; ma il terzo è lo più svantaggioso; poichè esige una maggiore potenza per una resistenza data.

Questo genere di leva è impiegato per aumentare la velocità, come negli oriuoli di tasca, oriuoli a pendoli, mulini, ed altre macchine, di cui i primi motori sono lenti, e ne'quali la velocità è aumentata da una combinazione d'ingranaggi.

289. Allorchè diverse leve sono tra esse combinate per trasmettere una data forza, si stabilisce il rapporto della potenza alla resistenza colla seguente:

*Regola generale.* Si moltiplica la potenza per la lunghezza di ciascuno de' primi bracci della leva, si moltiplicano egualmente tra essi i secondi bracci di leve, indi si divide il primo prodotto pel secondo. Il quoziente esprime il valore della resistenza, che è capace di fare equilibrio alla potenza data. Questa regola si applica anche per calcolare la trasmissione della potenza col mezzo delle ruote ne' mulini, ed altre macchine simili.

ESEMPIO.

Qual'è la pressione che produrrebbe un punteruolo di una macchina per forare una lamina con una potenza di 20.$^{k}$, applicata all'estremo di una leva combinata ne'seguenti rapporti:

La macchina a forare o tagliatojo a bilanciere, si compone di due leve $c\ d$ ed $e\ f$ che hanno il loro centro di oscillazione a' punti $a$ e $b$.

La lunghezza di ciascuno de' bracci di leve è dato come segue (fig. 47).

$$\left.\begin{array}{l} ca = 0.^{m}06 \\ ad = 0.^{m}84 \end{array}\right\} \text{rapporto } \frac{1}{4}$$

$$\left.\begin{array}{l} eb = 0.^{m}10 \\ bf = 3 \text{ metri} \end{array}\right\} \text{rapporto } \frac{1}{30}$$

All'estremo $c$ è adattato un punteruolo destinato a conficcarsi in una lamina di ferro o di rame; si vorrebbe conoscere quale pressione questo punteruolo è suscettibile produrre con una potenza di $20.^{k}$, che si applicherebbe all'estremo della leva $bf$; si ha

$$\frac{20.^{k} \times 300 \times 84}{10 \times 6} = x = 8400.^{k} \text{ pressione esercitata.}$$

Se si volesse trovare a quale altezza bisognerebbe sollevare l'estremo $f$ della leva, perchè il punteruolo potesse camminare o conficcarsi solamente di un centimetro, si avrebbe:

$$\frac{1.^{c} \times 84 \times 300}{6 \times 10} = 420.^{c}, \text{ o } 4.^{m}20.$$

Così lo spazio percorso dal punto $f$ dovrebbe essere di $4.^{m}20$. Per forare delle lamine di ferro di mezzo centimetro di grossezza, bisognerebbe sollevare (nelle condizioni date di sopra) la leva $2.^{m}10$ da sopra.

### UNITA' DINAMICA.

290. Si è stabilito in meccanica per unità di travaglio il Kilogrametro, cioè il prodotto di 1 Kilogrammo elevato ad 1 metro.

Così la quantità di travaglio effettuito in un dato tempo da un'uomo, un cavallo o ogni altro motore è general-

mente espressa in Kilogrametri, cioè a dire il prodotto della forza in Kilogrammi per la velocità o lo spazio percorso in metri (1).

Una macchina per esempio esercitando durante l'unità di tempo uno sforzo di 45 Kilogrammi, con una velocità di 5 metri, il suo travaglio sarà espresso da $45.^{k} \times 5.^{m} = 225$ Kilogrametri.

---

(1) *Questa comune misura per la valutazione del travaglio de' differenti motori, permette di apprezzare il loro travaglio comparativo: così se si suppone che una macchina produca in un tempo dato, un travaglio rappresentato da* $240.^{km}$; *che un cavallo nello stesso tempo, produce* $120.^{km}$, *e che un'uomo fornisca un travaglio di* $30.^{km}$, *si potrà allora valutare, che l'uomo non produce comparativamente al cavallo che* $\frac{120.^{km}}{30}$, *o il* $\frac{1}{4}$, *e comparativamente alla macchina* $\frac{1}{8}$, *del lavoro. E di là un travaglio utile, che obbligherebbe in un tempo dato il prodotto di* $240.^{km}$ *effettuito dalla macchina, esige il travaglio di 2 cavalli, o quello di 8 uomini.*

# QUADRO

*delle quantità del travaglio che possono fornire l'uomo e gli animali in talune circostanze.*

| NATURA DEL TRAVAGLIO | EFFETTO medio OSSERVATO | VELOCITA' O SPAZIO PERCORSO per SECONDO | TRAVAGLIO per SECONDO | DURATA del TRAVAGLIO per GIORNO | QUANTITA' del TRAVAGLIO per GIORNO |
|---|---|---|---|---|---|
| Una manovra esercitata sopra una ruota a caveglie, o a tamburo | *Kilogrammi* | *metri* | *Kilogrametri* | *ore* | *Kilogrametri* |
| 1.° Al livello dell' asse della ruota. . . . . . . . . | 60. » | 0. 15 | 9. » | 8. » | 259.200 |
| 2.° Verso il basso della ruota o a 24 gradi. . . . . | 12. » | 0. 70 | 8. 40 | 8. » | 251.120 |
| Una manovra spingendo e tirando orizzontalmente. . . | 12. » | 0. 60 | 7. 20 | 8. » | 207.360 |
| Una manovra spingendo e tirando alternativamente nel senso verticale. . . . . . . . . . . . . . . . | 5. » | 1. 10 | 5. 50 | 8. » | 158.400 |
| Una manovra esercitata sopra una manuella. . . . . | 8. » | 0. 75 | 6. » | 8. » | 172.800 |
| Un cavallo attaccato ad una vettura usuale e camminando di passo. . . . . . . . . . . . . . . . | 70. » | 0. 90 | 63. » | 10. » | 2168.000 |
| Un cavallo attaccato ad un maneggio e camminando di passo. . . . . . . . . . . . . . . . . | 45. » | 0. 90 | 40. 50 | 8. » | 1166.400 |
| Un bove attaccato ad un maneggio e camminando di passo. | 65. » | 0. 60 | 39. » | 8. » | 123.200 |
| Un mulo attaccato ad un maneggio e camminando di passo. | 30. » | 0. 90 | 27. » | 8. » | 1777.600 |
| Una manovra trasportando de'materiali in un carrettino ad una ruota e ritornando vuoto per prendere nuovi pesi. | 60. » | 0. 50 | 30. » | 10. » | 1080.000 |
| Un cavallo trasportando pesi o materiali sopra una carretta, e camminando di passo continuamente caricata. . . | 700. » | 1. 10 | 770. » | 10. » | 27220.000 |
| Un cavallo attaccato ad una carrozza, e camminando al trotto, continuamente caricato. . . . . . . . | 350. » | 2. 20 | 770. » | 4. 5 | 12474.000 |

# QUADRO

*Estratto dall'*aide-memoire di Morin, *che indica lo sforzo che una manovra di forza ordinaria può esercitare durante un corto intervallo di tempo, con gli utenzili generalmente impiegati.*

| NOMI DEGLI UTENZILI | SFORZO ESERCITATO |
|---|---|
| Una pialla a due manichi . . . . . . | 45.k |
| Un succhiello a due mani . . . . . . | 45 |
| Una chiave di scrofola . . . . . . | 38 |
| Una morsa ordinaria agendo sulla chiave. | 33 |
| Un bulino nel senso verticale . . . . | 33 |
| Una manuella . . . . . . . . . . | 30 |
| Una tenaglia o pinzetta agendo per compressione . . . . . . . . . . . | 27 |
| Una pialla a mano. . . . . . . . . | 23 |
| Una morsa a mano . . . . . . . . | 20 |
| Una sega a mano. . . . . . . . . | 16 |
| Un trapano a mano . . . . . . . . | 7 |
| Un voltavite piccolo girando col pollice e le dita. . . . . . . . . . . | 6 |

**DELL' ASSE NELLA RUOTA.**

291. Chiamasi *asse nella ruota* un cilindro annesso in una ruota di maggior diametro, e mobile intorno all'asse, col quale si appoggia ogni cosa a' due estremi dello stesso asse, sul quale gira, potendo anche esservi unito un' ingranaggio.

292. Le ruote destinate a trasmettere una potenza motrice con velocità determinata, seguono in queste trasmissioni le leggi della leva.

293. Una potenza eguale a 30.k è applicata alla manuella di un'asse nella ruota (fig. 37) di cui il raggio è di 4 decimetri; il rocchetto contiene 20 denti, la ruota 120, l'asse porta 2 decimetri di diametro, trovare il peso elevato.

Circonferenza del cerchio descritto dalla manuella $=$ $4^{d} \times 2 \times 3.1416 = 25.^{d}13$, e

$\frac{120}{10} = 12$ rivoluzioni del rocchetto per una della ruota.

$2 \times 3.1416 = 6.2832$ circonferenza dell'asse.

*Regola.* Dividete la velocità della potenza per quella della resistenza, ed il quoziente moltiplicato per la potenza sarà il peso che quest'ultima solleverà.

$$\frac{25.13 \times 12 \times 30}{6.2832} = 1439.^{k}8 \text{ peso alzato.}$$

294. Quale sarebbe l'accrescimento della potenza in questo stesso problema, se una ruota di 144 denti, ed un rocchetto di 12 denti fosse aggiunto all'asse nella ruota.

$$\frac{144}{12} = 12, \text{ e } 12 \times 1439.^{k}8 = 17278.^{k} \text{ circa.}$$

Cioè a dire che la velocità della resistenza essendo diminuita per gl' ingranaggi nel rapporto di 12 : 1, mentre che la velocità della potenza è restata la stessa, la

potenza per la stessa ragione è aumentata nello stesso rapporto di 12 : 1.

*Altro esempio*. Qual'è la potenza necessaria per alzare 25255.[l] a 18 piedi di altezza in 10 minuti, la velocità della potenza essendo di 25 piedi per minuto.

$$\frac{18}{10} = 1.8 \text{ , e } \frac{25255 \times 1.8}{25} = 1818.^{l}$$

295. Calcolare le diverse parti di un'asse nella ruota sul rapporto de'vantaggi meccanici. In un'asse nella ruota o Argano la potenza è applicata all'estremo di una manuella, che fissata sull'asse del rocchetto trasmette questa potenza ad una ruota montata sull'asse del fuso, intorno al quale si avvolge una fune ligata alla resistenza.

Lo sforzo ad alzare dipende dalla lunghezza della manuella, e dal rapporto tra i raggi del rocchetto e della ruota.

296. La relazione di equilibrio per la potenza P, agendo sopra una manuella di raggio R e per una resistenza F, agendo sul fuso della ruota di raggio $r$, è dato così:

$P \times 2\pi R = F \times 2\pi . r$ per una rivoluzione; ora facendo scomparire $\pi$ la formola diventa $P \times 2R = F \times 2r$, e siccome $2R = D$ diametro, e $2r = d$ diametro, ne viene

$$P \times D = F \times d$$

## PROBLEMA LXXV.

297. Essendo dati il numero delle rivoluzioni del rocchetto per una rivoluzione della ruota; la lunghezza della manuella, la potenza e la resistenza, determinare il diametro del fuso.

*Regola*. Moltiplicate il diametro del cerchio descritto dalla manuella per la potenza applicata, e pel rapporto tra il numero delle rivoluzioni del rocchetto e quello della ruota, dividete il prodotto pel peso da alzare, o sia la resistenza, il quoziente sarà il diametro dell'argano.

ESEMPIO.

Determinare il diametro dell'argano con una potenza di 32.$^{k}$ da alzare un peso di 1200.$^{k}$, avendo la manuella 0.$^{m}$ 40 di lunghezza; il rocchetto facendo 7 rivoluzioni, mentre la ruota ne fa 1.

$0.^{m}40 \times 2 = 0.^{m}80$

$\frac{0.^{m}80 \times 32^{k} \times 7.}{1200} = 0.^{m}15$ circa diametro del fuso.

## PROBLEMA LXXVI.

298. Essendo dati il diametro dell'argano, la lunghezza della manuella, la forza applicata, e la resistenza, determinare il numero di rivoluzioni del rocchetto per una della ruota.

*Regola*. Moltiplicate il peso da alzare pel diametro del fuso, dividete il prodotto pel diametro del cerchio descritto dalla manuella e per la potenza; il quoziente sarà il numero di rivoluzioni del rocchetto per una della ruota.

ESEMPIO.

Determinare il numero di rivoluzioni di un rocchetto per una rivoluzione della ruota, quando la potenza applicata è 32.$^{k}$, la lunghezza della manuella 0.$^{m}$ 40, il diametro dell'argano 0.$^{m}$ 15, il peso da alzare 1200.$^{k}$

$\frac{1200 \times 0.15}{0.^{m}80 \times 32} = 7$ rivoluzioni del rocchetto.

## PROBLEMA LXXVII.

299. Essendo dati il diametro dell'argano, il numero di rivoluzioni del rocchetto, la potenza applicata, ed il peso da alzare, determinare la lunghezza della manuella.

*Regola.* Moltiplicate il peso da alzare pel diametro dell'argano, e dividete il prodotto per la potenza applicata e pel numero di rivoluzioni del rocchetto, la metà del quoziente sarà la lunghezza della manuella.

ESEMPIO.

Determinare la lunghezza della manuella essendo la forza applicata 32.$^{k}$, il diametro dell'argano 0.$^{m}$ 15, il numero di rivoluzioni del rocchetto 7, la resistenza 1200.$^{k}$
$\frac{1200 \times 0.15}{32 \times 7} = 0.^{m}80$, $\frac{0.80}{2} = 0.^{m}40$ lunghezza della manuella.

## PROBLEMA LXXVIII.

300. Essendo dati il diametro del fuso, le rivoluzioni del rocchetto per una rivoluzione della ruota, la lunghezza della manuella e la resistenza, determinare la potenza.

*Regola.* Moltiplicate la resistenza pel diametro del fuso, dividete il prodotto pel diametro del cerchio descritto dalla manuella e pel numero di rivoluzioni del rocchetto, il quoziente sarà la potenza chiesta.

ESEMPIO.

Determinare la potenza, essendo la resistenza 1200.$^{k}$, il diametro del fuso 0.$^{m}$15, il numero di rivoluzioni del rocchetto 7, e la lunghezza della manuella 0.$^{m}$40.

$$\frac{1200 \times 0.15}{0.80 \times 7} = 32.^{k} \text{ potenza.}$$

## DELLE CARRUCULE.

301. Si chiama *carrucula* una girella di legno o di metallo scanalata dove può passare una fune per tirar pesi.

302. Si distinguono due specie di carrucule; le carrucule *fisse*, e le carrucule *mobili*. Le prime girano intorno al loro asse senza cambiar sito, e servono soltanto a cambiare la direzione della forza motrice, senza produrre alcun vantaggio meccanico. Le carrucule mobili al contrario producono della forza, ed agiscono come le leve di seconda specie: il vantaggio meccanico allora acquistato è come due volte il numero delle carrucule mobili, senza aver riguardo al numero delle carrucule fisse, necessarie per comporre il sistema. Questo vantaggio meccanico risulta da che lo spazio percorso dalla potenza in un tempo dato, è eguale alla somma degli accorciamenti de' cordoni avvolti sulle carrucule che compongono il sistema mobile, mentre che la resistenza non percorre che il quoziente di questo spazio, diviso pel numero de' cordoni.

### PROBLEMA LXXIX.

303. Essendo dati il peso da alzare, le carrucule mobili e fisse, determinare la potenza (fig. 41).

*Regola.* Dividete il peso da alzare per due volte il numero delle carrucule mobili, ed il quoziente sarà la potenza chiesta.

ESEMPIO.

Determinare la potenza essendo la resistenza $176^k$, 4 carrucule mobili, e 4 fisse.

$4 \times 2 = 8$ vantaggio meccanico.

$\frac{176}{8} = 22.^k$ potenza domandata.

## PROBLEMA LXXX.

304. Essendo dati la potenza, ed il numero delle carrucule mobili e fisse determinare la resistenza.

*Regola.* Moltiplicate la potenza pel doppio numero delle carrucule mobili, il prodotto sarà la resistenza domandata.

ESEMPIO.

Determinare la resistenza, se la potenza è 125.$^{l}$, le carrucule mobili 3, e le fisse 4.

$3 \times 2 = 6$ vantaggio meccanico.

$125 \times 6 = 750.^{l}$ resistenza domandata.

### DEL PIANO-INCLINATO.

305. Allorchè un corpo è tirato lungo un piano verticale; tutto il peso di questo corpo è sostenuto dalla forza che lo eleva; in questo caso la potenza è eguale alla resistenza.

306. Quando un corpo è tirato sopra un piano orizzontale non deve trascinarsi il peso del corpo; ma lo sforzo a vincere dall'attrito dovuto al peso del corpo.

307. Se un corpo però è tirato sopra un *piano-inclinato* (§ 264) la potenza necessaria per alzarlo, sarà come l'inclinazione del piano, di maniera che se la forza agisse parallelamente al piano, la lunghezza del piano è al peso, come l'altezza del piano è alla forza o alla potenza. Il vantaggio acquistato dal piano inclinato è tanto grande, quanto la sua lunghezza supera la sua altezza: è dunque il rapporto tra la lunghezza e l'altezza del piano, che dà il vantaggio della potenza (fig. 39).

## PROBLEMA LXXXI.

308. Essendo dati l'altezza e la lunghezza di un piano inclinato, ed il peso da trascinare determinare la potenza.

*Regola.* Moltiplicate la resistenza per l'altezza del piano, ed il prodotto dividetelo per la lunghezza del piano, il quoziente sarà la potenza domandata.

ESEMPIO.

Determinare la potenza capace di far muovere un peso di 5275.k sopra un piano inclinato, di cui la lunghezza è 15 metri, e l'altezza 4 metri.

$$\frac{5275 \times 4}{15} = 1406.^{k}$$ potenza domandata.

## PROBLEMA LXXXII.

309. Essendo dati la potenza, la lunghezza e l'altezza del piano inclinato, determinare la resistenza.

*Regola.* Moltiplicate la potenza per la lunghezza del piano, ed il prodotto diviso per l'altezza, il quoziente sarà la resistenza domandata.

ESEMPIO.

Determinare la resistenza essendo la potenza 525.k, la lunghezza del piano 25 metri, e la sua altezza 3 metri.

$$\frac{525 \times 25}{3} = 4370.^{k}$$ circa resistenza domandata.

## PROBLEMA LXXXIII.

310. Essendo dati il peso da trascinare sopra un piano inclinato, la lunghezza del piano e la sua base, determinare la pressione esercitata sul piano dal peso dato.

*Regola.* Moltiplicate il peso per la base del piano, ed il prodotto diviso per la lunghezza, il quoziente sarà la pressione domandata.

### ESEMPIO.

Determinare la pressione esercitata da un peso di 5014^k sopra un piano inclinato di lunghezza 25 metri, e di 13 metri di base.

$$\frac{5014 \times 13}{25} = 2607.^{k} \text{ pressione domandata.}$$

Egli è chiaro che questa pressione dipende intieramente dall'inclinazione del piano, e che lo stesso peso premerà tanto di meno su questo piano inclinato, quanto questa inclinazione sarà più pronunziata.

### DELLA VITE.

311. Allorchè un punto è costretto a girare intorno ad un cilindro, elevandosi di una data quantità a ciascuna rivoluzione, la curva che descrive chiamasi *spirale*.

312. Si dice *vite* un cilindro solido di legno o di metallo, che ha nella sua superficie alcune spirali rilevate in fuori; e *madrevite* un pezzo di legno o di metallo con un foro cilindrico, nella cui superficie sono incavate pure alcune spirali, tali da ricevere quelle rilevate della vite.

313. Una vite è detta *triangolare* allorchè la spirale è generata da un triangolo, che si muove intorno al ci-

lindro. Quando la superficie generata ha una sezione rettangolare, la vite è detta a *fittuccia*.

314. Il *pane* della vite o la quantità di cui essa avanza per ciascuna rivoluzione, è la distanza del mezzo di una spirale al mezzo della spirale seguente, cioè la spira più il vuoto della vite.

315. La vite può essere assimilata secondo la sua definizione, ad un piano inclinato di cui la lunghezza è rappresentata dalla circonferenza del cilindro, sul quale è formata, e di cui l'altezza è il pane della vite (fig. 38).

## PROBLEMA LXXXIV.

316. Essendo dati il diametro della vite, il suo pane e la resistenza, determinare il vantaggio meccanico.

*Regola.* Moltiplicate il peso o la resistenza del pane della vite, ed il prodotto diviso per la circonferenza della vite, darà il vantaggio meccanico domandato.

ESEMPIO.

Determinare il vantaggio meccanico applicato ad una vite di 10 centimetri di diametro, di 2 centimetri di pane, essendo la resistenza 6750.[1]

$$\frac{6750 \times 2}{31.41} = 429 \text{ vantaggio meccanico domandato.}$$

## PROBLEMA LXXXV.

317. Essendo dati la resistenza, il diametro della vite, il suo pane, e la lunghezza di una manuella da applicarvisi, determinare la potenza.

*Regola.* Moltiplicate la resistenza pel pane della vite, ed il prodotto diviso per la circonferenza descritta dalla manuella, il quoziente sarà la potenza domandata.

ESEMPIO.

Determinare la potenza da applicare ad una vite che ha 2 centimetri di pane con una leva di 36 centimetri, e la resistenza 6750.k Circonferenza della leva 226 centimetri.

$$\frac{2 \times 6750}{226} = 59.^{k}7 \text{ potenza domandata.}$$

## DEL CUNEO.

318. Si dice *cuneo* un prisma triangolare di legno o di ferro, di cui la base ed il rettilineo superiore sono due triangoli isosceli (fig. 42). Può essere anche una piramide.

319. L'applicazione del cuneo sotto diverse forme sia prismatico o piramidale è generalmente sparso nelle industrie. Quasi tutti gli utenzilì si riferiscono al cuneo: le forbici, i bulini, i ferri da pialle, i chiodi, i scalpelli, le seghe, le lime, non sono che delle applicazioni diverse del cuneo. Tutti questi utenzilì agiscono o col loro taglio o co'loro estremi acuti, e vi è per ciascuno di essi un'angolo conveniente per produrre il miglior risultamento.

320. In pratica i cunei di cui si fa uso per fendere il legname, o nelle strettoje hanno la forma prismatica.

Il vantaggio meccanico del cuneo isoscele, è proporzionato al rapporto tra la larghezza della testa del cuneo, e la lunghezza de' lati.

321. (fig. 42). Se la testa AB è $^1/_{10}$ della lunghezza del lato AC, la forza che s'imprimerà sulla testa del cuneo, avrà reagito sulle mollecole del corpo dove è conficcato nel rapporto di 1 : 10; cioè a dire che in teoria se lo sforzo P è di 50.k, il cuneo avrà agito con uno

sforzo di 500.$^k$; o in altri termini per vincere una resistenza di 500.$^k$, bisognerebbe nella supposizione essere $AB = {}^1/_{10}\,AC$, imprimere una potenza solamente di 50.$^k$ sulla testa del cuneo.

Se la testa AB era ${}^1/_{20}$ non bisognerebbe che uno sforzo di 25.$^k$, e così per gli altri rapporti; lo che può mettersi sotto la seguente formola $P = R\,\frac{AB}{AC}$. P rappresenta la forza applicata, R la resistenza a vincere, ed $\frac{AB}{AC}$ il rapporto della larghezza della testa, alla lunghezza del lato del cuneo.

322. Questo risultato è del tutto teorico, ed indipendente dall' attrito causato dal cuneo sulle mollecole del pezzo; ora facendo entrare in considerazione la perdita di forza risultante dall'attrito, la formola precedente per essere applicabile nella pratica, deve avere il suo primo membro moltiplicato per 3, 4, o 5, secondocchè le parti in contatto sono perfettamente lisce, o soltanto piallate, o grezze.

## PROBLEMA LXXXVI.

323. Essendo dati la resistenza, la larghezza della testa, ed uno de'lati del cuneo, determinare la potenza.

*Regola.* Moltiplicate la resistenza pel rapporto tra la larghezza ed uno de'lati del cuneo, il prodotto moltiplicato per uno de'coefficienti 3, 4, 5, secondocchè saranno le superficie stropiccianti, sarà la potenza domandata.

### ESEMPIO.

Determinare la potenza da applicare ad un cuneo, di cui la testa è ${}^1/_{30}$ della lunghezza de'lati, e la resistenza

1800.[1] essendo il cuneo e la parte ove scorre perfettamente lisci.

$$P = \frac{1800 \times 1}{30} = 60.^{1}, \text{ e}$$

$60 \times 3 = 180.^{1}$, sforzo da esercitare, o sia la potenza, essendo il coefficiente 3.

# CAPITOLO IX.

## DEL CENTRO DI GRAVITÀ.

324. La distanza de' corpi dal centro della terra essendo molto lontana, si è ammesso che la gravità agirebbe parallelamente sopra tutt'i corpi; e la sua direzione è data da un piombino (scandaglio), o dalla perpendicolare alla superficie delle acque tranquille.

325. Il *centro di gravità* varia di posizione, secondo la natura e la forma de' corpi; si può determinare di un modo generale col seguente processo:

Sospendete il corpo di qualunque forma (fig. 40) ad un filo al punto *a*, ed aspettate che sia in equilibrio: la direzione del corpo sarà allora verticale, ed il prolungamento del filo conterrà il centro di gravità; sospendete di poi il corpo per un'altro punto *b*, la direzione di questa linea prolungata, conterrà anche dopo l'equilibrio il centro di gravità, ed il punto d'incontro *g* delle due linee *a*R e *b*S, successivamente ricondotte alla direzione verticale, è il centro di gravità del corpo.

### PROBLEMA LXXXVII.

326. Determinare il centro di gravità di una linea, uniformemente grave.

*Regola.* Dividete la linea in due parti eguali; il punto di divisione sarà il centro di gravità domandato.

## PROBLEMA LXXXVIII.

327. Determinare il centro di gravità di qualunque arco circolare.

*Regola.* Dal centro del cerchio a cui appartiene l'arco dato, si tira un raggio che divida l'arco in due parti eguali; indi si trovi il quarto proporzionale tra l'arco, la corda, ed il raggio del cerchio, questo indicherà la distanza dal centro sopra il raggio, che ha diviso l'arco in due parti eguali, del centro di gravità domandato.

## PROBLEMA. LXXXIX.

328. Determinare il centro di gravità di un parallelogrammo qualunque.

*Regola.* Dividete in due parti eguali due lati opposti del parallelogrammo, congiungete questi punti con una linea; dividete questa linea in due parti eguali, e questo punto sarà il centro di gravità domandato.

## PROBLEMA XC.

329. Determinare il centro di gravità di un trapezio.

*Regola.* Moltiplicate il terzo della retta, che divide per metà i due lati paralleli per la somma del lato inferiore, col doppio del lato opposto, ed il prodotto dividetelo per la somma de'medesimi lati paralleli; il quoziente indicherà la distanza del centro di gravità dal lato non raddoppiato, sulla suindicata retta che divide i lati paralleli.

## PROBLEMA XCI.

330. Determinare il centro di gravità di un triangolo.

*Regola*. Dividete qualunque de' lati in due parti eguali, congiungete questo punto di divisione col vertice dell'angolo opposto con una linea. Dividete questa linea in tre parti eguali, al terzo di questa linea a partire dal lato diviso, sarà il centro di gravità domandato.

## PROBLEMA XCII.

331. Determinare il centro di gravità di un trapezoide.

*Regola*. Si divida il trapezoide in due triangoli con una diagonale; si determinino i loro centri di gravità e si congiungano per mezzo di una linea retta: indi si divida di nuovo in due altri triangoli con un'altra diagonale tirata agli altri due angoli opposti, e si determinino parimenti i loro centri di gravità, e si congiungano con una retta. Il punto d'intersezione delle due rette, che congiungono i quattro centri di gravità de' triangoli, sarà il centro di gravità domandato.

## PROBLEMA XCIII.

332. Determinare il centro di gravità di qualunque settore circolare.

*Regola*. Si divida l'arco del settore dato in due parti eguali, e si congiunga con una retta questo punto col centro del cerchio. Si congiunga la corda dello stesso arco: quindi si trovi il quarto proporzionale in ordine all'arco, alla sua corda, ed a'due terzi del raggio, che indicherà la distanza del centro di gravità del settore partendo dal centro.

## PROBLEMA XCIV.

333. Determinare il centro di gravità di una porzione di cerchio.

*Regola.* Si determini il centro di gravità del settore circolare, a cui appartiene la sezione di cerchio data: si determini ancora il centro di gravità del triangolo formato dalla corda della porzione di cerchio, e da' due raggi. Si trovi quindi il quarto proporzionale in ordine alla porzione di cerchio data, al triangolo rettilineo anzidetto, ed alla retta che congiunge il centro di gravità del settore sudetto, ed il centro di gravità del triangolo, darà la distanza partendo dal centro di gravità del settore, del centro di gravità domandato.

## PROBLEMA XCV.

334. Determinare il centro di gravità di un mezzo cerchio.

*Regola.* Tirate un raggio perpendicolare al diametro in cui sarà il centro di gravità; e quindi si trovi il quarto proporzionale in ordine all'arco del quadrante, o sia della metà del semicerchio, al raggio ed a' due terzi dello stesso raggio, sarà questa la distanza dal centro del cerchio, del centro di gravità domandato.

## PROBLEMA XCVI.

335. Determinare il centro di gravità della superficie curva di una qualunque porzione di sfera.

*Regola.* Si divida l'altezza della porzione sferica in due parti eguali, questo punto sarà il centro di gravità domandato.

## PROBLEMA XCVII.

336. Determinare il centro di gravità della superficie di una mezza sfera.

*Regola.* Dividete l'altezza o sia il raggio in due parti eguali, questo punto è il centro di gravità domandato.

## PROBLEMA XCVIII.

337. Determinare il centro di gravità di qualunque prisma.

*Regola.* Si determinino i centri di gravità de' due rettilinei paralleli, eguali, e simili: Si congiungono questi punti con una linea retta, che si divide in due parti eguali, questo punto di divisione è il centro di gravità domandato.

## PROBLEMA XCIX.

338. Determinare il centro di gravità di un cilindro.

*Regola.* Il punto che divide in due parti eguali l'asse del cilindro dato, è il centro di gravità domandato.

## PROBLEMA C.

339. Determinare il centro di gravità di qualunque piramide.

*Regola.* Si determini il centro di gravità della base; si congiunga questo punto col vertice della piramide per mezzo di una retta: il punto che indica la quarta parte di questa retta a partire dalla base, è il centro di gravità domandato.

## PROBLEMA CI.

340. Determinare il centro di gravità di qualunque cono.

*Regola.* Si congiunga il vertice del cono col centro di gravità della base con una retta; il punto che indica la quarta parte di questa retta a partire dalla base, è il centro di gravità domandato.

## PBOBLEMA CII.

341. Determinare il centro di gravità di un cono troncato da un piano parallelo alla base.

*Regola.* Si determinino i centri di gravità dell'intero cono e della parte mancante. Si trovi il quarto proporzionale in ordine al cono tronco dato, alla parte mancante, ed alla distanza tra i due centri di gravità dell'intero cono e della parte mancante, questo indicherà la distanza del centro di gravità domandato a partire dal centro di gravità dello intero cono verso la base.

## PROBLEMA CIII.

342. Determinare il centro di gravità di una piramide troncata da un piano parallelo alla base.

*Regola.* Si determinino i centri di gravità della intera piramide e della parte mancante. Si trovi il quarto proporzionale in ordine alla piramide tronca, alla parte mancante, ed alla distanza tra i due centri di gravità della intera piramide e della parte mancante: questo indicherà la distanza del centro di gravità domandato, dal centro di gravità della intera piramide verso la base.

## PROBLEMA CIV.

343. Determinare il centro di gravità di un settore sferico.

*Regola.* Si tiri un raggio dal vertice della corrispondente porzione sferica, su del quale sarà il centro di gravità domandato. Si prenderanno $^3/_4$ parti del detto raggio, meno $^3/_8$ parti dell'altezza della porzione sferica, questo residuo indicherà la distanza dal centro della sfera, del centro di gravità domandato.

## PROBLEMA CV.

344. Determinare il centro di gravità di una mezza sfera.

*Regola.* Dal vertice della mezza sfera data si tiri un raggio, sul quale si troverà il centro di gravità domandato, distante dal centro della sfera $^3/_8$ dello stesso raggio.

345. Il centro di gravità de' corpi regolari come di un cerchio, di una sfera, di un poligono regolare, è situato nel loro centro di figura.

## PROBLEMA CVI.

346. Determinare il centro di gravità comune di più corpi, che trovansi sopra una linea retta.

*Regola.* Si prenda a volontà sulla stessa linea un punto qualunque da fuori i corpi: indi prendete la somma di tutt'i momenti per rispetto al punto arbitrario preso, e dividetela per la somma di tutte le masse, il quoziente indicherà la distanza del centro di gravità del sistema domandato, dal punto fisso preso arbitrariamente.

## PROBLEMA CVII.

347. Determinare il centro di gravità comune di più corpi, che trovansi tutti nello stesso piano.

*Regola.* Si prenda a volontà nel medesimo piano un punto qualunque fuori i dati corpi, e da questo punto si tirino due linee sul piano stesso una perpendicolare all'altra: dal centro di gravità di ciascuno de' corpi dati saranno tirate due perpendicolari sulle due rette arbitrarie enunciate; indi prendete la somma di tutt'i momenti per rispetto ad una delle due rette, e dividetela per la somma di tutte le masse, il quoziente darà la distanza del centro di gravità dalla retta fissa; e praticandosi egualmente per rispetto all'altra retta, si avrà la distanza del centro di gravità relativo all'altra linea: il punto d'incontro di queste due distanze, sarà il centro di gravità del sistema domandato.

## PROBLEMA CVIII.

348. Determinare il centro di gravità comuue di più corpi situati in differenti piani.

*Regola.* S'immaginino tre piani uno orizzontale e gli altri due verticali, e perpendicolari tra essi. Da ciascun centro di gravità de' dati corpi si abbasserà una perpendicolare su ciascuno di questi piani; indi si prenderà la somma de' momenti per rispetto a ciascun piano, e dividendo ciascuna somma per la somma delle masse, si avranno le tre distanze del centro di gravità comune da ciascun piano; il punto d'incontro di queste tre distanze, sarà il centro di gravità del sistema domandato.

349. Allorchè si prende un cilindro di materie molto leggiere, tali come il sambuco, o il sughero, e che si

termina alla base con una porzione di sfera di piombo, gode di una rimarchevole proprietà, cioè che qualunque fosse la posizione inclinata o orizzontale che gli si voglia dare (fig. 43), riprende sempre la sua posizione verticale; questo fenomeno è fondato sopra che il centro di gravità del cilindro essendo lo più basso possibile, il corpo per virtù della sua gravità, tende costantemente a riprendere il suo equilibrio.

350. Allorchè un corpo immobile è situato verticalmente o inclinato sopra un piano, perchè la sua posizione fosse stabile, bisogna che la direzione del peso del corpo o la verticale che passa pel suo centro di gravità, passi anche per la superficie di contatto tra il corpo ed il piano sul quale giace, e da ciò l'idea delle torri inclinate (fig. 44).

351. Allorchè le parti del corpo sono mobili si può cambiare la posizione del centro di gravità, ma sempre in taluni limiti.

352. L'uomo che cammina senza verun peso, ha il suo centro di gravità generalmente situato al concavo dello stomaco: se ha qualche peso sul dorso, è obbligato d'inclinare il suo corpo in avanti, affinchè il centro di gravità del peso e del suo corpo, passi tra la superficie di contatto, cioè tra i piedi e la terra.

353. Alcune volte il centro di gravità sembra non essere soggetto a questo principio invariabile. Così gli uomini che si tengono in equilibrio sopra de' cavalli o sopra delle corde; ma allora si servono di un contropeso, o bilanciere e dalle differenti posizioni che gli danno, giungono a far passare la direzione del centro di gravità per la superficie di contatto, ed appena se ne allontanano la loro caduta è inevitabile.

354. La più o meno stabilità de' corpi dipendendo

dalla posizione del centro di gravità, bisogna aver cura quando si carica una vettura di mettere prima i corpi più pesanti, e da sopra i corpi meno gravi, poichè allora il centro di gravità essendo lo più basso possibile, non vi è pericolo di ribaltare per una inclinazione per leggiera che fosse, che prenderebbe la vettura; mentre che il contrario ha luogo se, come nelle diligenze, tutto il peso si trova in alto, poichè per la sua posizione elevata del centro di gravità del caricamento l'equilibrio non è stabile, e quel poco di stabilità può trascinare la caduta nel momento in cui per l'inclinazione della vettura, la verticale del centro di gravità passerebbe da fuori le ruote.

## CAPITOLO X.

### DELLA GRAVITA' SPECIFICA.

355. Essendo la gravità specifica il peso comparativo de' corpi, l'acqua serve di unità per la gravità di tutt'i corpi solidi o liquidi, e l'aria per tutt' i fluidi elastici o gas.

356. La seguente tavola dà il rapporto esistente tra il peso di un decimetro cubo o di un metro cubo di acqua preso per unità, ed il peso di un decimetro cubo o di un metro cubo degli altri corpi.

*Tavola delle gravità specifiche de' principali corpi solidi.*

| NOMI DELLE SOSTANZE. | GRAVITA' SPECIFICA. | PESO del METRO CUBO |
|---|---|---|
| | | *Kilog.* |
| Sughero. . . . . . . . . | 0.240 | 240 |
| Pioppo ordinario . . . . . | 0.383 | 383 |
| Pioppo piramidale. . . . . | 0.398 | 398 |
| Quercia del Rangoon. . . . | 0.420 | 420 |
| Abete bianco . . . . . . . | 0.498 | 498 |
| Cedro. . . . . . . . . . | 0.561 | 561 |
| Abete della nuova Inghilterra . | 0.604 | 604 |
| Tiglio. . . . . . . . . . | 0.604 | 604 |
| Pino abete bianco. . . . . | 0.609 | 609 |
| Castagno. . . . . . . . . | 0.615 | 615 |
| Pino di Scozia. . . . . . | 0.634 | 634 |
| Cipresso. . . . . . . . . | 0.656 | 656 |
| Noce comune . . . . . . . | 0.656 | 656 |
| Pino larice . . . . . . . | 0.656 | 656 |
| Pino abete rosso . . . . . | 0.668 | 668 |
| Pino dell'India. . . . . . | 0.674 | 674 |
| Abete di Riga. . . . . . | 0.674 | 674 |
| Quercia di Danzica. . . . . | 0.687 | 687 |
| Olmo nostrale . . . . . . | 0.700 | 700 |
| Arancio . . . . . . . . . | 0.705 | 705 |
| Faggio d' Italia. . . . . . | 0.720 | 720 |
| Frassino d'Italia. . . . . | 0.787 | 787 |
| Melo . . . . . . . . . . | 0.793 | 793 |
| Olmo compatto. . . . . . | 0.800 | 800 |
| Noce nero . . . . . . . . | 0.827 | 827 |
| Olmo d' Inghilterra. . . . . | 0.831 | 831 |
| Frassino. . . . . . . . . | 0.845 | 845 |
| Quercia del Malabar . . . . | 0.847 | 847 |
| Faggio . . . . . . . . . | 0.852 | 852 |
| Cerro. . . . . . . . . . | 0.864 | 864 |
| Frassino d'Inghilterra. . . . | 0.865 | 865 |

| NOMI DELLE SOSTANZE. | GRAVITA' SPECIFICA. | PESO del METRO CUBO. |
|---|---|---|
| | | *Kilog.* |
| Eschio | 0. 905 | 905 |
| Faggio d' Inghilterra | 0. 907 | 907 |
| Bosso di Francia | 0. 912 | 912 |
| Pietra pomice | 0. 915 | 915 |
| Bosso d' Italia | 0. 919 | 919 |
| Quercia Inglese | 0. 921 | 921 |
| Elce | 0. 925 | 925 |
| Sevo, lardo, burro | 0. 943 | 943 |
| Quercia di Africa | 0. 995 | 995 |
| Quercia d' Italia | 0. 997 | 997 |
| Acajou | 1. 063 | 1063 |
| Carbon fossile compatto | 1. 329 | 1329 |
| Avorio | 1. 826 | 1826 |
| Alberese | 2. 168 | 2168 |
| Gesso | 2. 205 | 2205 |
| Pietra bigia da lastricare | 2. 415 | 2415 |
| Macine | 2. 484 | 2484 |
| Marmo | 2. 638 | 2638 |
| Marmo di Paros | 2. 837 | 2837 |
| Zinco fuso | 7. 100 | 7100 |
| Ferro fuso | 7. 207 | 7207 |
| Stagno fuso | 7. 291 | 7291 |
| Ferro battuto | 7. 788 | 7788 |
| Acciajo non battuto a freddo | 7. 816 | 7816 |
| Rame fuso | 8. 788 | 8788 |
| Rame in barre | 8. 879 | 8879 |
| Argento fuso | 10. 474 | 10474 |
| Piombo liquefatto | 11. 352 | 11352 |
| Mercurio | 13. 586 | 13586 |
| Oro puro fuso | 19. 258 | 19258 |
| Oro puro battuto | 19. 362 | 19362 |
| Platino battuto | 20. 337 | 20337 |
| Platino laminato | 22. 069 | 22069 |

### PROBLEMA CIX.

357. Determinare il peso di qualunque solido.

*Regola.* Moltiplicate il cubo del solido dato pel metro cubo della stessa sostanza enunciato nella tavola, il prodotto sarà il peso domandato.

ESEMPIO.

Determinare il peso di un pezzo di ferro battuto che ha 2.$^{mc}$ 575.

2.$^{mc}$ 575 × 7788 = 20054.$^{k}$ 10 peso domandato.

## CAPITOLO XI.

### DEGLI ATTRITI.

358. L'*attrito* è la resistenza che si oppone al moto di due corpi in contatto.

359. L'attrito che prova un corpo sopra un piano è indipendente dalla grandezza della sua superficie, e della sua velocità; ma aumenta in ragione del peso di questo corpo, o per meglio dire colla pressione che esercita sul piano; e questa varia ancora secondo la natura de' pezzi in contatto.

*Attrito delle superficie piane in contatto le une sulle altre.*

| INDICAZIONE DELLE SUPERFICIE IN CONTATTO. | RAPPORTO DELL' ATTRITO alla pressione. |
|---|---|
| Quercia sopra quercia le fibbre parallele. | 0. 11 |
| Idem idem le fibbre in croce. | 0. 10 |
| Idem idem le fibbre essendo costantemente unte di vecchio grasso. | 0. 035 |
| Abete sopra abete . . . . . . . . | 0. 17 |
| Olmo sopra olmo. . . . . . . . | 0. 10 |
| Ferro sopra ferro . . . . . . . . | 0. 28 |
| Ferro sopra ferro con unto . . . . | 0. 10 |
| Rame sopra ferro . . . . . . . . | 0. 24 |
| Rame sopra ferro con unto . . . . | 0. 10 |
| Cuojo sopra ferro fuso non liscio a secco. | 0. 20 |
| Idem non liscio unto . . . . . | 0. 18 |
| Idem liscio, la superficie strofinata con piombagine o olio. . . . . . . | 0. 12 |

360. Questa tavola dà il rapporto dell'attrito alla pressione, qualunque sia la grandezza delle superficie stropiccianti. Questo rapporto non è altro che un coefficiente pel quale bisogna moltiplicare la pressione di un corpo sopra un piano, per avere la resistenza che l'attrito oppone al moto del corpo.

ESEMPIO.

Conoscendo la pressione di una piastra di rame sopra una piastra di ferro essere di 500.k, si determina la re-

sistenza dovuta all'attrito, moltiplicando la pressioue 500.k pel rapporto dell'attrito alla pressione, cioè 0.10 dato dalla tavola per rame sopra ferro, supponendo che vi sia un'unto interposto tra le due piastre: così $500 \times 0.10 = 50.^k$; questa è la resistenza che bisognerà vincere per mettere in moto le due piastre una sull'altra.

### ATTRITO DI UN PERNO IN UN DADO.

361. Gli assi verticali giacciono colla parte inferiore in un dado; l'attrito del perno si ottiene colla seguente formola: Rappresentiamo con P il peso totale dell'asse e della sua gravità, $r$ è il raggio del perno; il momento dell'attrito sarà $fP \times \frac{2}{3} r$, $f$ essendo il coefficiente dell'attrito secondo la natura de' pezzi in contatto.

362. Si ha l'uso ne' laboratorî terminare la parte di contatto del perno a goccia di sevo, o in superficie leggermente convessa, egualmente che il concavo del dado su cui giace l'estremo del perno, che chiamasi diamante, in modo a presentare all'aderenza la meno presa possibile.

### ATTRITO DEGLI ORECCHIONI SOPRA I CUSCINETTI.

363. Generalmente le ruote sono montate sopra degli assi, i di cui estremi assottigliati e cilindrici chiamati orecchioni, giacciono e prendono il loro moto di rotazione in delle casse o cuscinetti. Gli orecchioni che non poggiano che sopra una delle loro generatrici, provano una forza adesiva molto meno considerevole delle superficie piane.

*Tavola indicante l'attrito degli assi ne' cuscinetti.*

| NATURA DELLE MATERIE SPERIMENTATE. | RAPPORTO DELL' ATTRITO alla pressione. |
|---|---|
| Asse di ferro in un cuscinetto di rame. | 0.155 |
| Idem con unto di sevo costantemente rinnovato . . . . . . . . . | 0.085 |
| Idem con unto di vecchio grasso costantemente rinnovato . . . . . | 0.12 |
| Idem con unto di olio costantemente rinnovato . . . . . . . . . | 0.13 |
| Asse di Elce in cassa o sopra cuscinetto di guajaco con unto di sevo . . . | 0.038 |
| Idem l'unto essendosi asciugato, ma la superficie restando untuosa . . . | 0.06 |
| Asse di Elce in cassa di Olmo unto di sevo. . . . . . . . . . . . | 0.03 |
| Idem l'unto essendosi asciugato, ma la superficie restando untuosa. . . . | 0.07 |

364. Coll'ajuto di questa tavola diventa facile, conoscendo il peso che si divide sopra i due orecchioni, determinare la resistenza dovuta all'attrito; perchè supponendo che un peso di 1200.[k], si ripartisce egualmente su ciascuno degli orecchioni dell'asse, lo che fa 600.[k] sopra ciascuno orecchione, la resistenza dovuta all'attrito che ciascuno di essi proverà, essendo di ferro su' cuscinetti di rame, sarà ottenuta moltiplicando 600.[k] per 0.13 (coefficiente dato nella tavola per ferro su rame con unto di olio) sarà eguale a 78.[k]

365. Ne' cantieri per trasportare delle pesanti masse, le situano sopra de' curri, lo che ne facilita considerabilmente il trasporto; e ciò risulta da che i curri essendo ben cilindrici, e camminando sempre girando sopra essi stessi, non provano che un'attrito di rotolamento che diventa disprezzabile, comparativamente a quello che proverebbe il peso medesimo, se lo si facesse scorrere sulla stessa superficie del terreno.

366. La seguente formola dà il valore dello sforzo che bisogna impiegare sopra un terreno unito, qualora il corpo giace sopra ruote o girelle, in vece di poggiare direttamente sul terreno. In questa formola $F = \frac{r}{R} \times fP$; $r$ esprime il raggio dell'orecchione della girella, ed R il raggio della girella istessa: ed ammettendo che $R = 0.^{m}90$ e che $r = 0.^{m}04$, la formola diventa:

$F = \frac{0.04}{0.90} fP$. In tal modo è la differenza del raggio dell'orecchione al raggio della ruota, che determina il più o meno vantaggio dello sforzo F; facendo i calcoli si trova $F = 0.044 f \times P$, cioè a dire che per trascinare un corpo del peso P col mezzo di una carrucula di $0.^{m}90$ di raggio, non bisogna impiegare che una forza i 0.044 di quella che sarebbe esatta, se il corpo era trascinato sopra un piano orizzontale.

367. Si cerca ancora diminuire l'attrito degli assi orizzontali e verticali, facendoli girare sopra delle sfere mobili in tutti i sensi. Finora l'esperienza non ha ancora provato tutt'i vantaggi del loro impiego, dalla difficoltà di disporre queste sfere in modo che l'attrito si ripartisca bene su tutta la loro superficie. Intanto vi è luogo a sperare che questo mezzo essendo bene stabilito, sarà praticato dal poco attrito che presenterà.

368. Si è sperimentato che l'attrito che le ruote di vettura provano, secondo la natura del terreno, è di $^1/_8$ la forza di traimento per rapporto al carico sopra una strada di ciottoli; questa forza non è che di $^1/_{13}$ del carico sopra una strada di cui le pietre sono più strette; essa è di $^1/_{20}$ sopra una strada lastricata; finalmente è ridotta ad $^1/_{30}$ del carico sopra una strada con doppio lastricato e bene unito.

## CAPITOLO XII.

### DELLE PRINCIPALI TRASMISSIONI DEL MOTO.

369. Le macchine hanno per oggetto di fabbricare meccanicamente i prodotti.

370. Nello stabilimento delle macchine vi sono a considerare quattro parti ben distinte.

1.° Il *motore* che dà la forza primitiva:

2.° Il *ricettore* che riceve direttamente l'impulso motore:

3.° I *pezzi di comunicazione* per trasmettere all'istrumento l'impulso del motore.

4.° L'*operatore* o *l'istrumento* che fabbrica l'opera.

371. I motori che s'impiegano generalmente, sono gli uomini, gli animali, l'aria, l'acqua, ed il vapore.

372. Gli uomini servono ordinariamente per le macchine che esigono poca forza; così essi agiscono sulle manuelle degli assi nelle ruote, de' martinetti, delle trebbie, ec., ec.

373. I cavalli ed i bovi sono attaccati alle macchine, allorchè esse non esigono un moto regolare e continuo.

374. L'aria fa girare i mulini, ed è utilizzata ne'ventilatori, per alimentare gli alti forni.

375. L'acqua agisce sulle ruote idrauliche per diversi stabilimenti, come fucine, fabbriche di vetro, mulini e simili.

376. In fine il vapore è impiegato per le macchine che hanno bisogno una grande forza, e molta regolarità nel moto.

377. I ricettori che si uniscono strettamente a'motori, poichè ne ricevono direttamente l'azione, sono le ruote idrauliche, i pistoni delle trombe, i maneggi, ec., ec.

L'istrumento dipende dal genere di lavoro da produrre; così in un mulino da grano sono le mole, in un mulino da segare è la sega, che produce l'opera.

L'azione del ricettore si trasmette per comunicazione all'istrumento, ed i pezzi intermedì prendono il nome di conduttori, o pezzi di trasmissione del moto.

378. I pezzi di trasmissione possono subire quattro moti principali.

1.° Il *moto rettilineo continuo*, quello di un corpo che segue indefinitamente una linea retta.

2.° Il *moto rettilineo alterno*, o di *va-e-vieni* ottenuto da un corpo che seguendo una direzione rettilinea, riviene alternativamente a riprendere in senso contrario la sua prima posizione.

3.° Il *moto circolare continuo*, quello di un mobile che percorre indefinitamente il contorno di un cerchio.

4.° Il *moto circolare alterno*, quello di un mobile che animato da un moto circolare, riviene alternativamente a riprendere la sua prima posizione.

379. Combinando insieme a due a due questi quattro moti, se ne ottiene un'infinità di altri, di cui andremo a citare quelli più generalmente impiegati.

380. Ne' laboratorî il moto circolare continuo, si trasforma in moto circolare continuo coll' impiego di due carrucule o tamburi ( fig. 45 ), abbracciati da una correggia senza fine.

381. Allorchè il moto degli assi su' quali sono montati questi tamburi, deve aver luogo nel medesimo senso si dispone naturalmente la correggia sopra i tamburi, cioè a dire abbracciandoli esternamente. Ma nel caso contrario, si fanno incrociare i bracci della correggia ( fig. 46 ); questo mezzo presenta di più il vantaggio d'impedire che le corregge potessero scorrere, perchè gli archi abbracciati sono più grandi, e perciò l'attrito è anche maggiore.

382. La tensione delle corregge si opera generalmente con un fuso di tensione, come ( fig. 45 ); questo mezzo rimpiazza vantaggiosamente in taluni limiti la tensione effettuita dall'allontanamento di uno de' cilindri coll'ajuto di vite di richiamo; condotto sopra un sostegno a saracinesca questo fuso permette di tendere più o meno la correggia, secondocchè diventa più o meno lasca.

383. Il vantaggio delle corregge consiste a poter trasmettere il loro moto di rotazione in una direzione qualunque, e a distanze molto lontane; ma allorchè gli sforzi a trasmettere sono potenti, ed allor quando bisogna una trasmissione perfettamente esatta, si servono delle ruote dentate.

## DEGL' INGRANAGGI.

384. Le *ruote d' ingranaggio*, il di cui impiego è tanto frequente nelle macchine, hanno per oggetto di trasmettere l'azione di un motore, e produrla in delle determinate velocità.

385. Le ruote sono de'piatti o dischi, su'quali si sono regolatamente delineati de'pieni e de'vuoti, che prendono il nome di denti, e di cavi.

386. Allorchè trattasi di trasmettere il moto di un'asse ad un'altro asse parallelo, le ruote che li fanno muovere sono chiamate ruote *dritte* o *cilindriche*, le loro generatrici trovandosi parallele.

387. Allorchè gli assi sono inclinati, le ruote sono dette ad *angoli* o *coniche*, giacchè le loro generatrici tendono verso un vertice comune.

388. Quando due ruote dritte o coniche (fig. 48) si trasmettono il moto da una all'altra, esse girano in senso contrario; se volesse darlesi un moto nello stesso senso, bisogna aggiungere (fig. 49) una ruota intermedia; ed è buono osservare che qualunque sia la grandezza di questa ruota intermedia, essa non cambia la velocità relativa delle ruote A e B, perchè nello stesso tempo vi è lo stesso numero di denti in contatto; cioè a dire che se la prima ruota A fa avvanzare la ruota intermedia C di 3 denti, vi sarà lo stesso avvanzamento trasmesso dalla ruota intermedia alla terza ruota B.

389. Facendo girare senza scorrere due dischi uno sopra l'altro, ciascun punto di uno viene successivamente a coincidere con ciascun punto dell'altro, e gli archi percorsi nel medesimo tempo sono eguali. E se il primo disco ha uno sviluppo triplo del secondo, quest'ultimo farà tre giri mentre il primo ne farà uno; egualmente per due ruote che ingranano insieme, una avendo 48 denti, per esempio, e l'altra 12, i denti dell'una vengono a mettersi in contatto co'denti dell'altra, e la ruota di 12 denti fa quattro giri durante una rivoluzione di quella di 48 denti.

390. Secondo questo principio gl'ingranaggi dritti e

conici, come le carrucule e tamburi impiegati nelle fabbriche per la trasmissione de' moti, seguono le leggi comuni seguenti :

1.° Il numero di denti di due ruote in contatto è proporzionale alle circonferenze o a' raggi e diametri delle stesse ruote:

2.° La velocità delle ruote, carrucule e tamburi è in ragione inversa del numero di denti, o de' loro raggi;

Lo che si riassume così:

1.° Più il raggio di una ruota sarà grande più grande sarà ancora il numero di denti;

2.° Più il numero di denti è grande, più la velocità della ruota è minore, e reciprocamente.

## PROBLEMA CX.

391. Conoscendo i raggi di due ruote ed il numero di denti di una, determinare il numero di denti dell'altra.

*Regola.* Moltiplicate il raggio della ruota di cui il numero di denti non è noto, per questo numero di denti, e dividete il prodoto pel raggio della seconda ruota; il quoziente darà il numero di denti domandato.

### ESEMPIO 1.°

Siano 12 e 8 i raggi delle due ruote, e 75 il numero di denti della prima, determinare il numero di denti della seconda :

$$12 : 8 :: 75 : x$$

$$x = \frac{8 \times 75}{12} = 50$$ numero di denti domandato.

Il problema sarebbe risoluto della stessa maniera, se conoscendo il numero di denti delle due ruote ed un raggio, si volesse determinare l' altro raggio.

ESEMPIO 2°.

Siano 75 e 50 il numero di denti delle due ruote, e 12 il raggio della prima, determinare il raggio della seconda.

$$75 : 50 :: 12 : x$$

$$x = \frac{12 \times 50}{75} = 8 \text{ raggio domandato.}$$

ESEMPIO 3.°

Determinare il numero di rivoluzioni per minuto di una ruota o carrucula di 20 centimetri di diametro, quando è condotta da un'altra di 225, e facendo 35 rivoluzioni per minuto.

$$\frac{225 \times 35}{20} = 393 \text{ giri domandati.}$$

ESEMPIO 4.°

Supponiamo un tamburo avendo 40 centimetri di diametro, e facendo 25 rivoluzioni per minuto, determinare il diametro di un' altro tamburo per fare 60 rivoluzioni nello stesso tempo.

$$\frac{40 \times 25}{60} = 16.^{c}66 \text{ diametro domandato.}$$

## PROBLEMA CXI.

392. Conoscendo la distanza di due assi paralleli, e la velocità che ciascuno di essi deve avere, determinare i raggi delle ruote che gli daranno queste velocità.

*Regola geometrica.* Bisogna dividere la distanza tra i due assi in tante parti eguali, per quante sono le unità nella somma delle due velocità, prendere per raggio della ruota che dev'essere la più piccola, un numero di parti eguali a quello di unità che segna la minore velocità, e reciprocamente.

ESEMPIO 1.°

Siano 16 decimetri la distanza tra'due assi paralleli *a* e *b*. Il primo *a* deve fare 6 rivoluzioni, mentre che il secondo *b* ne fa 4, determinare i raggi delle ruote che trasmetteranno la velocità domandata (fig. 50).

$$6 + 4 = 10$$

La distanza *a* 6 è il raggio della ruota montata sull'asse *a* che fa 6 rivoluzioni. La distanza 6 *b* è il raggio della ruota che monta sull'asse *b*, e fa durante lo stesso tempo 4 rivoluzioni.

393. Questo problema si risolverebbe aritmeticamente colla seguente:

*Regola* 1.° Moltiplicate la distanza tra gli assi *a* e *b* per la velocità del secondo, poi dividete questo prodotto per la velocità del primo, aumentato della velocità del secondo, ed il quoziente sarà il raggio della prima ruota:

2.° Moltiplicate la distanza tra i medesimi assi per la velocità del primo, poi dividete il prodotto per la velocità del primo aumentato della velocità del secondo, ed il quoziente sarà il raggio della seconda ruota.

Così nell'esempio precedente:

$$\frac{16.^{d} \times 4}{6 \times 4} = 6.^{d}\,4 \text{ raggio della ruota } a$$

$$\frac{16.^{d} \times 6}{6 \times 4} = 9.^{d}\,6 \text{ raggio della ruota } b$$

ESEMPIO 2.°

Un'asse facendo 22 rivoluzioni per minuto, deve dare il moto con un pajo di ruote ad un'altro asse a ragione di 15.5 rivoluzioni, la distanza degli assi da centro a centro è di 45.$^{c}$ 5; determinare i diametri delle ruote che devono dare questa velocità.

$$\frac{45.5 \times 15.5}{22 + 15.5} = 18.^{c}81 \text{ raggio della ruota movente.}$$

$$\frac{45.5 \times 22}{22 + 15.5} = 26.^{c}69 \text{ raggio della ruota mossa.}$$

Prova $18.81 + 26.69 = 45.^{c}5$.

ESEMPIO 3.°

Un'asse che ha una velocità di 16 rivoluzioni per minuto, deve dare il moto ad una macchina a ragione di 81 rivoluzioni per minuto; il moto deve trasmettersi con due ruote e due carrucule montate sopra un'asse intermedio: la ruota movente contiene 54 denti, e la carrucula movente ha 25 centimetri di diametro; determinare il numero di denti della seconda ruota, ed il diametro dell'altra carrucula.

$\sqrt{81 \times 16} = 36$ velocità media tra 81 e 16.

$$\frac{16 \times 54}{36} = 24 \text{ numero di denti della seconda ruota;}$$

$$\frac{36 \times 25}{81} = 11.^{c}11 \text{ diametro della carrucula.}$$

ESEMPIO 4.°

Se si dà il numero di rivoluzioni di una delle ruote, il numero di denti di tutte due, ed il diametro di ciascuna carrucula, si troverebbe il numero di rivoluzioni dell'ultima carrucula nel modo seguente:

$$\frac{16 \times 54}{24} = 36 \text{ velocità della ruota intermedia, e}$$

$$\frac{36 \times 25}{11.11} = 81 \text{ velocità della carrucula.}$$

## PROBLEMA CXII.

394. Conoscendo la velocità dell'asse di un volante di una ruota o carrucula, determinare la velocità alla circonferenza.

*Regola.* Moltiplicate la circonferenza della ruota per la velocità dell'asse in un minuto, il prodotto esprimerà lo spazio percorso in un minuto, e questo medesimo prodotto essendo diviso per 60, darà la velocità per secondo alla circonferenza.

ESEMPIO.

Sia una carrucula di $1.^m 33$ di diametro montata sopra un'asse, che fa 20 rivoluzioni per minuto, determinare la sua velocità alla circonferenza per secondo.

$3.1416 \times 1.^m 33 \times 20 = 83.^m 57$ spazio percorso per minuto.

$\frac{83.^m 57}{60} = 1.^m 39$ velocità per secondo alla circonferenza.

## PROBLEMA CXIII.

395. Conoscendo la velocità alla circonferenza, determinare la sua velocità al centro.

*Regola.* Dividete la velocità alla circonferenza per lo sviluppo della ruota, il quoziente sarà la velocità al centro per secondo.

ESEMPIO.

Nell'esempio precedente $1.^m 39$ essendo la velocità alla circonferenza per secondo, la velocità al centro si ottiene dividendo $1.^m 39$ per $4.17 = 0.^m 33$ per secondo, e per minuto lo spazio sarà di $0.33 \times 60 = 20$ metri.

396. In pratica può facilmente persuadersi sopra luogo della velocità di una ruota, che ha un moto uniforme. Si segna un punto sulla circonferenza della ruota con della creta, si noti quante volte questo punto mobile viene a coincidere in un tempo dato con un punto fisso di osservazione; indi si moltiplichi questo numero di giri per la circonferenza descritta dal punto mobile; il quoziente che si otterrà dividendo questo prodotto pel numero di secondi contenuto nel tempo di osservazione, esprimerà la velocità alla circonferenza della ruota; ogni altro punto avrebbe una velocità differente, proporzionata alla sua distanza dal centro di moto (1).

ESEMPIO.

Il numero di giri osservati di una ruota $= 75$ in un minuto, il suo raggio è di 2 metri, determinare la sua velocità per secondo alla circonferenza.

$$\frac{75 \times 2 \times 3.1416 \times 2}{60} = 15.^{m}71 \text{ velocità per secondo.}$$

Reciprocamente conoscendo la velocità per secondo di una ruota alla sua circonferenza, determinare il numero di rivoluzioni per minuto colla formola:

$$N \; o \; 75 = \frac{15.^{m}71 \times 60}{2 \times 3.1416 \times 2.^{m}}$$

---

(1) *La velocità circolare di una ruota, o all'unità di distanza, il raggio* r *essendo eguale ad* 1, *si otterrebbe dalla formola:*

$$v = \frac{n \times 2\pi \times 1}{60}, \; n \text{ esprimendo il numero de' giri.}$$

DIMENSIONI E DISEGNO DEGLI INGRANAGGI.

397. I cerchi di cui i raggi sono determinati dalle precedenti regole, nel rapporto inverso delle velocità di ciascuna ruota, sono chiamati cerchi primitivi; sopra questi cerchi si effettuisce la divisione de' denti.

398. Un dente si compone di due facce laterali simetriche per potere condurre o essere condotto ne' due sensi. Ciascuna faccia comprende la parte piana detta il canto del dente che si dirige verso il centro, e la parte curva che è da sopra del cerchio primitivo; l'intersezione della parte piana colla parte curva esiste sul cerchio primitivo.

399. Il passo del dente è la distanza che misura il mezzo di un dente, col mezzo del dente seguente, o ancora è la grossezza del dente presa sul cerchio primitivo, più il cavo.

400. L'altezza de' denti misurata nel prolungamento del raggio della ruota è eguale ad una volta $^1/_4$, o una volta $^1/_2$ la loro grossezza.

401. Il gioco a praticarvi in più pel cavo è di $^1/_{12}$ della grossezza del dente, quando la divisione è rigorosamente esatta, e che la dentatura è bene eseguita; questo gioco dev'essere portato ad $^1/_8$ quando l'esecuzione de' denti non è esatta, o che l'ingranaggio è grezzo.

402. Per evitare il rumore nelle filande ed altre fabbriche, s'impiegano con vantaggio gl' ingranaggi di legname, girando sopra ingranaggi di ferro fuso; il contatto è più dolce, e l'esperienza prova che la logoratura si fa egualmente sul legname come sul ferro fuso.

403. Conoscendo il passo de'denti, che per due ruote in contatto dev'essere rigorosamente lo stesso sulle circonferenze primitive, si ottiene il numero de' denti di una delle ruote dalla formola seguente $N = \frac{2 \pi R}{\quad}$ , N

rappresenta il numero de' denti, R il raggio della ruota, e $p$ il passo.

ESEMPIO.

Qual'è il numero di denti di una ruota, di cui il raggio è di 34 centimetri, il passo del dente essendo di 6 centimetri:

$$N = \frac{6.28 \times 0.^m 34}{0.06} = 36 \text{ denti, ed altrettanti cavi.}$$

404. In disegno quando si fa il delineamento geometrico di una ruota, bisogna avere l'accortezza per facilitare la divisione esatta sul cerchio primitivo, riconoscere se il numero di denti che essa deve avere non è un multiplice (1) di altri numeri più piccoli; così nell'esempio precedente dove la ruota ha 36 denti ed altrettanti cavi, il numero 72 non può essere portato parte per parte di $^1/_{72}$ sul cerchio primitivo, lo che trascinerebbe ad una troppo grande perdita di tempo ed essere incerti; ma si osservi che questo numero 72 ha de' fattori 6 e 12. Ora egli è facile dividere il cerchio primitivo in sei parti; basta portare il suo raggio sei volte sul contorno, ma il secondo fattore 12 è esso stesso il prodotto di $2 \times 2 \times 3$: dividendo dunque successivamente ciascuna delle sei parti prima in 2, poi in 2, ed in fine in 3 si sarà effettuita, senza incertezza e molto

(1) *Si dice un numero multiplice, per riguardo ad altri più piccoli, qualora quello contiene questi un' esatto numero di volte. Così 84 si chiama multiplice di 12 perchè $12 \times 7 = 84$; 84 si dice multiplice di 6 perchè $14 \times 6 = 84$; 84 chiamasi multiplice di 3 perchè $28 \times 3 = 84$; ed in tal modo per qualunque altro numero.*

esattamente, la divisione della ruota in $6 \times 2 \times 2 \times 3$, o in 72 parti: sarebbe lo stesso se il numero fosse un moltiplice di altri fattori essi medesimi divisibili.

### DISEGNO DELLA CICLOIDE.

405. La cicloide è una curva generata da un punto dato sulla circonferenza di un cerchio, che gira sopra una retta senza scorrere.

406. Essendo dunque il cerchio A tangente alla retta DC (fig. 51), si propone determinare la cicloide che descrive uno de' punti D di questo cerchio, facendolo girare su questa linea. Dopo di aver diviso il cerchio A in varie parti eguali D1, 12, 23, 34, ec.: si portano queste parti rettificate (1) sulla retta DC in D1', 1'2', 2'3', 3'4', ec. Il cerchio A girando sulla linea DC il suo centro resterà costantemente ad eguale distanza da questa linea; tirandole dunque la retta AF parallela, quest'ultima conterrà i centri del cerchio A nelle sue diverse posizioni di contatto sopra DC. Si eleveranno da ciascuna delle divisioni prese sopra DC le perpendicolari 1'A', 2'$A^2$, 3'$A^3$, 4'$A^4$, ec. e le loro intersezioni A', $A^2$, $A^3$, $A^4$, ec. colla linea AF saranno le diverse posizioni del centro del cerchio. Se supponiamo il centro arrivato in $A^2$ il punto 2 si troverà in 2' sulla retta data, ed il punto D avrà presa la posizione in $D^2$ ad una distanza 2'$D^2$ eguale a

(1) *Per rettificare o sviluppare un'arco sopra una retta, o sopra un'altro arco di differente raggio, o in generale una curva qualunque sopra un'altra curva, si divide in parti molto piccole onde essere riguardate come delle linee rette, e si porta lo stesso numero di queste parti sulla retta o l'arco dato.*

D2. Allorchè il centro A del nuovo cammino del cerchio generatore sarà venùto ad occupare la posizione $A^3$, il punto D si sarà alzatò in $D^3$ ad una distanza $3'D^3$ eguale a D3; egualmente nella nuova posizione $A^4$ del centro del cerchio, il punto D verrà in $D^4$, cioè a dire ad una distanza $4'D^4$ eguale a D4, e così in seguito; questo risulta da che il cerchio avendo percorso senza scorrere sulla retta DC la lunghezza D3', il punto tangente D preso sul cerchio e sulla retta si è raddoppiato, e si è trovato a partire dall'ultimo punto di contatto 3' ad una distanza $3'D^3$ eguale a quella D3' percorsa sulla retta DC, poichè lo spazio percorso è lo stesso. Si otterrebbe continuando la rotazione del cerchio sulla retta il disegno per punti di tutta la cicloide, di cui lo sviluppo è eguale alla circonferenza del cerchio generatore.

407. Questa curva è matematicamente quella, che deve darsi al dente di una crimagliera che deve condurre un rocchetto. In quanto al dente del rocchetto la sua forma sarebbe determinata dalla sviluppante di cerchio, che descriverebbe la retta tangente DC supponendo che il punto di contatto D della retta, si sviluppa intorno al cerchio; questo si comprende col disegno ( fig. 52 ).

### DISEGNO DELL'EPICICLOIDE.

408. L'epicicloide è generata da un punto della circonferenza di un cerchio, che gira senza scorrere sopra un'altro cerchio fisso. Questa curva determina la forma de' denti di una ruota che deve condurne un'altra.

409. Costruire l'epicicloide che descrive il punto D del cerchio generatore A nel suo moto intorno alla circonferenza B ( fig. 53 ). Il disegno di questa curva si avvicina molto al disegno della cicloide, giacchè qui il

cerchio in vece di girare sopra una linea retta si muove intorno ad un cerchio: ora basta dividere il cerchio generatore A a partire dal punto tangente D in un tale numero di parti eguali, e rettificare ciascuna di queste parti per portarle esattamente sul cerchio fisso B a partire ancora dal punto di contatto D. Se con un raggio BA si descrive la circonferenza AF, essa conterrà i centri del cerchio generatore in tutte le nuove posizioni che prenderà intorno al cerchio fisso. Ora ammettendo che il cerchio A sia venuto in A² sul prolungamento del raggio B2', il punto tangente D si è raddoppiato ed è venuto a prendere la posizione D², posizione che si ottiene portando 2'D² eguale a 2D. Se il centro A' viene in A³ il punto D verrà in D³ portando 3'D³ = 3D, e così in seguito.

410. Allorchè due ruote debbono condursi alternativamente, si descrivono le circonferenze primitive sulle quali si effettuisce la divisione relativa per i denti; siano A e B queste circonferenze: per trovare la forma a dare a'denti della ruota B, si fa girare all'intorno senza scorrere, il cerchio che ha per diametro il raggio della ruota A, questo cerchio determina coll'epicicloide che descrive la curva matematica a dare a'denti della ruota B.

411. Per la forma de' denti della ruota A bisogna al contrario determinare l'epicicloide, che descriverebbe il cerchio che avrebbe per diametro il raggio della ruota B girando intorno al cerchio A. Si può intendere (fig. 54) il disegno di due ruote che ingranano insieme.

412. Nella pratica si contentano talune volte in vece di determinare le epicicloidi delle ruote, prendere sulla circonferenza primitiva il mezzo del passo del dente, e da questo punto come centro con un raggio eguale alla metà del passo più la metà del dente, o semplicemente

con un raggio eguale a' $^3/_4$ del passo, si descrive un mezzo cerchio ( fig. 55 ) che dà nello stesso tempo la curva sopra un lato di due denti consecutivi, e si continua in tal modo per tutto il contorno del cerchio primitivo.

## DISEGNO DELLE RUOTE CONICHE.

413. Allorchè si conoscono i raggi primitivi delle due ruote coniche, e l'angolo de' loro assi A e B si elevano su ciascuno di questi ultimi delle perpendicolari *ab*, *cd*, sulle quali si portano a partire di ciascun'asse, i raggi dati ( fig. 56 ); si tirano allora dall'estremità di questi raggi delle parallele alle linee degli assi, e l'incontro di queste parallele è un punto d'intersezione *f*, che unito al vertice comune *o*, e progettato perpendicolarmente sulle linee degli assi secondo le linee *fm*, *fn*, determinano i coni primitivi, e la vera posizione de' cerchi basi de' coni che servono a costruire i denti. Questi coni primitivi sono *ogf* ed *ofh*; si porta sulle generatrici primitive la lunghezza data de' denti, e da ciascuno de' punti *j*, *i*, *k*, *g*, *f*, *h*, si elevino sulle generatrici delle perpendicolari, che incontrano gli assi delle ruote a' punti *l*, *p*, *m*, *n*, e formano de' triangoli o più tosto de' coni retti *jli*, *gmf*, *ipk*, ed *fnh*, tra le superficie de' quali sono rinchiusi i denti, di cui bisogna determinare l'altezza. Per determinare l'altezza de' denti della base inferiore del cono *ogf*, si trovi la epicicloide che descrive il cerchio delineato sopra *mf*, come diametro, girando sulla circonferenza fissa del raggio *nf*, e pel cono *ofh* è al contrario l'epicicloide descritta dal diametro *mf* girando sul cerchio del raggio *nf*. L'ingranaggio delle due ruote coniche si trova in tal modo ricondotto all'ingranaggio di due ruote dritte o piane; si avrà avuto attenzione sopra tutto ret-

tificare le divisioni de'cerchi primitivi *mf* ed *nf* secondo i numeri di denti, che si trovano sopra ciascuna delle circonferenze di diametro *gf* ed *fh*; la forma de'denti della piccola base è naturalmente dedotta da quella inferiore, poichè tutte le linee tendono al vertice; ma per maggiore esattezza, si potrebbe fare colle circonferenze de' raggi *li*, *ip*, ciò che è stato indicato per i cerchi de' raggi *mf*, *fn*.

414. L'articolazione generica, rappresentata (fig. 62) è talune volte impiegata per riunire degli assi, che debbono essere nel prolungamento l'uno dell'altro, senza essere tuttavia forzati a mantenersi in una perfetta linea retta; quest'unione, che ha per oggetto di trasmettere il moto di rotazione a' diversi assi situati in un medesimo piano orizzontale, si compone di una staffa che termina ciascun'asse; le staffe sono a due rami per ricevere i due orecchioni opposti di una sfera o di una traversa.

## ECCENTRICI.

415. Si chiamano *eccentrici* delle curve, di cui i punti sono a distanze ineguali dal loro centro di rotazione.

Il cerchio medesimo è un'eccentrico, allorchè l'asse che gl'imprime il suo moto non passa pel centro.

416. Queste curve hanno per oggetto di trasformare un moto circolare continuo in un moto rettilineo alterno; la loro applicazione è generalmente sparsa nelle industrie.

417. La corsa di un'eccentrico è determinata dalla differenza del raggio della parte più prossima al centro, con quella della parte più lontana.

418. Quando per una stessa rivoluzione dell'eccentrico deve esservi intermissione nel moto rettilineo che impri-

me, si dispongono sul suo sviluppo delle parti concentriche (fig. 59). Così per le porzioni di arco *ab*, *cd* l'eccentrico sempre continuando il suo relativo moto, non imprime alcun moto al pezzo che conduce; tal moto non continuerà che nel momento in cui diventa eccentrico; è facile allora disporre la forma esterna dell'eccentrico per produrre tal moto continuo o intermittente che si vorrà.

419. S'impiega ancora talune volte un'eccentrico della forma rappresentata (fig. 60); è un triangolo di cui i lati sono degli archi di cerchio descritti da ciascun'angolo opposto, e che scorre nella saracinesca rettangolare di un disco. La corsa prodotta è determinata 3 volte in una rivoluzione dell'asse, ed è eguale alla differenza del raggio interno col raggio che passa per gli angoli; così in una sola rivoluzione, il disco si sarà avanzato e sarà retrocesso 3 volte.

420. Per lo più l'eccentrico è direttamente in contatto col pezzo che deve avere un moto rettilineo alterno, come nella fig. 57; ma per diminuire l'attrito, il pezzo porta un molinello in contatto colla curva, e si trova guidato da curri. La corsa è limitata dalla differenza del raggio AC—AD. Questa curva detta a core destinata a comunicare al movente un moto rettilineo alterno uniforme, si disegna nel modo seguente.

421. Sia A il centro di rotazione dell'eccentrico (fig. 58); supponiamo che deve far percorrere ad un molinello rappresentato dal suo centro *b* la linea retta *bb'* in una semi-rivoluzione; dal centro A co' raggi A*b* ed A*b'* si descrivono delle circonferenze, e si divide quella del raggio A*b'* in varie parti eguali, in 12 per esempio; si effettuisce la divisione di *bb'* in altrettante parti eguali tra esse, per quanto ve ne sono nella semi-circonferenza, cioè a dire in 6 parti; indi da ciascuno de' punti di divisione

1, 2, 3, 4, 5, ec. della linea *bb'* si descriveranno delle circonferenze concentriche alle prime, e da ciascuno dei punti di divisione 1', 2', 3', 4' della circonferenza A*b'* si tireranno de' raggi al centro A; l'incontro del raggio che parte dalla divisione 1' col cerchio che passa pel punto 1, dà il primo punto della curva; l'intersezione del raggio 2' colla circonferenza 2 dà il secondo punto della curva, e così in seguito, fino alla sesta divisione, che è direttamente opposta al punto di partenza; si sarà allora tracciato la semi-curva corrispondente alla semi-rivoluzione dell'eccentrico per elevare il punto *b* in *b'*; la curva si costruisce simetricamente dall'altro lato, onde nella seconda semi-rivoluzione dell'eccentrico condurre il punto *b'* in *b*.

422. Per variare la velocità de' giri ne' laboratorî, si servono de' sistemi di carrucule o coni alterni rappresentati fig. 63.

423. L'apparecchio (fig. 64) ha per oggetto di alzare o abbassare una chiusa, secondo che la imbracatura *a* è in contatto colla ruota *b*, o colla ruota *c*.

## CAPITOLO XIII.

### CADUTA DE' CORPI.

#### MOTI UNIFORMI.

424. Rappresentando con E lo spazio, con $v$ la velocità, e con $t$ il tempo, si ha la formola del moto uniforme $E = vt$; dove lo spazio è eguale alla velocità moltiplicata pel tempo, e $v = \frac{E}{t}$, o la velocità eguale allo spazio diviso pel tempo.

ESEMPIO 1.°

La velocità di un corpo per secondo è di 3 metri, quale spazio avrà percorso al termine di 10 secondi? Sostituendo nella prima formola i valori alle lettere si ha

$$E = 3 \times 10 = 30 \text{ metri.}$$

ESEMPIO 2.°

Lo spazio percorso da un corpo durante 10 secondi è eguale a 30 metri, qual'è la sua velocità?

Sostituendo nella seconda formola i valori alle lettere, si ha

$$v = \frac{30}{10} = 3 \text{ metri.}$$

**MOTO UNIFORMEMENTE ACCELERATO.**

425. Allorchè i corpi cadono col proprio loro peso, le velocità che acquistano sono come i tempi, e gli spazî percorsi come i quadrati de' tempi: perciò se i tempi sono come i numeri. . . . . . 1, 2, 3, 4, ec.
le velocità saranno anche. . . . . 1, 2, 3, 4, ec.
gli spazî percorsi saranno come. . 1, 4, 9, 16, ec.
e gli spazî per ciascun tempo come i numeri impari. . . . . . . . 1, 3, 5, 7, ec.

426. Si è conosciuto dall'esperienza che un corpo cadendo liberamente dallo stato di quiete, o avendo una velocità nulla nel momento di partenza, percorre 4.m904 nel 1.° secondo, ed acquista una velocità che essendo continua uniformemente, porta il corpo a 9.m 808 nel secondo seguente, e se le prime serie de' numeri sono espresse da secondi,

| | 1" | 2" | 3" | 4" |
|---|---|---|---|---|
| le velocità in metri saranno: | 9.808 — | 19.6 — | 29.4 — | 39.2 |
| gli spazî percorsi. . . . | 4.9 — | 19.6 — | 44.1 — | 78.4 |
| gli spazî per ciascun tempo. | 4.9 — | 14.7 — | 24.5 — | 34.3 |

427. Questi principî sono applicabili a tutt' i corpi qualunque sia il loro peso, giacchè la gravità agisce uniformemente sopra tutt'i corpi, qualora questa caduta ha luogo sopra tutto in uno spazio vuoto di aria; ma vi sarebbe ragione a modificare i risultati per i corpi leggieri, che presentano una superficie considerevole, e danno facilmente presa all'aria, di cui l'effetto è di opporsi alla loro caduta.

## PROBLEMA CXIV.

428. Trovare la velocità che un corpo cadendo liberamente acquista in un tempo dato.

*Regola*. Moltiplicate il tempo in secondi per 9.m 808, ed il prodotto sarà la velocità acquistata in metri per secondo.

### ESEMPIO.

Determinare la velocità acquistata da un corpo al termine di 12 secondi

$9.^{m}808 \times 12 = 117.^{m}70$ velocità acquistata.

## PROBLEMA CXV.

429. Determinare la velocità che un corpo acquisterà nella caduta da un'altezza data. In teoria allorchè un corpo cade da un'altezza H, la formola dà la velocità $v$ dovuta a questa altezza: e si esprime così:

$$v = \sqrt{2gH};$$

$g$ esprimendo la velocità di un corpo per secondo dovuta all'azione della gravità $= 9.808$, e $2g = 19.^m 6$.

*Regola.* Moltiplicate l'altezza data in metri per $19.^m 6$, la radice quadrata del prodotto, sarà la velocità acquistata in metri per secondo:

ESEMPIO 1.°

Determinare la velocità che un corpo avrà acquistato dopo una caduta di 65 metri

$\sqrt{19.6 \times 65} = 35.^m 69$ velocità acquistata.

ESEMPIO 2.°

Determinare la velocità di una piccola quantità di acqua dopo una caduta di 8 metri.

$\sqrt{19.^m 6 \times 8} = 12.^m 5$ velocità per secondo dopo la caduta

## PROBLEMA CXVI.

430. Determinare l'altezza dalla quale un corpo cade, conoscendo la velocità che possiede dopo la caduta.

*Regola.* Dividete il quadrato della velocità per $19.^m 6$ il quoziente darà l'altezza dalla quale un corpo è caduto.

ESEMPIO 1.°

Determinare l'altezza di caduta di un corpo che possiede al basso della sua caduta una velocità di $35.^m 69$.

$\frac{(35.^m 69)^2}{19.^m 6} = 65$ metri altezza della caduta.

ESEMPIO 2.°

Determinare l'altezza di una caduta di acqua che possiede al basso una velocità di 12.m5 per secondo.

$$\frac{(12.^{m}5)^{2}}{19.6} = 8 \text{ metri altezza della caduta.}$$

## CAPITOLO XIV.

### RESISTENZA DE' MATERIALI.

431. Calcolare la resistenza che i pezzi presentano secondo i diversi casi di rottura, è uno de' soggetti più difficili a trattare in meccanica a causa della poco omogeneità de' corpi della medesima specie; intanto delle reiterate esperienze sulle diverse materie hanno permesso di ottenere de' coefficienti, cioè a dire le resistenze che comporta ciascun centimetro quadrato di superficie delle diverse materie; moltiplicando dunque questi coefficienti o resistenze sopra un centimetro quadrato per la sezione trasversale del pezzo, si giunge a de' risultati medî che possono seguirsi, senza timore di troppo allontanarsi dal vero.

432. I materiali possono essere assoggettati a quattro differenti sforzi.

1.° Resistenza al *traimento*;
2.° Resistenza alla *compressione*;
3.° Resistenza alla *flessione*;
4.° Resistenza alla *torsione*.

## RESISTENZA AL TRAIMENTO.

433. Chiamasi *coesione diretta* di un corpo la forza che ritiene le fibbre, per impedire di rompersi nel senso della loro lunghezza.

434. Lo sforzo di traimento, è la forza impiegata a tirare un corpo nel senso della sua lunghezza.

435. Secondo queste definizioni la forza coesiva di un corpo, e lo sforzo di traimento al quale è sottoposto, sono delle forze direttamente opposte.

436. La forza coesiva di un corpo essendo quella forza che resiste alla separazione delle fibbre, nel senso della loro lunghezza, si comprende benissimo che questa resistenza è proporzionale alla superficie di rottura, qualunque sia la lunghezza del pezzo, spinto tanto lungi tuttavia per quanto il peso del corpo non potesse aumentare la forza applicata, e purchè il corpo sia uniforme in tutte le sue parti.

437. Ciò posto si considera come assioma, che la resistenza de'corpi sottoposti allo sforzo di traimento nella direzione della loro lunghezza, è direttamente proporzionale alla loro sezione trasversale.

*Quadro de' coefficienti di elasticità e di resistenza per centimetro quadrato di superficie della sezione trasversale, per diversi materiali impiegati nelle costruzioni*
(Estratto dal corso di meccanica di PONCELET).

| NATURA DE' MATERIALI | | COEFFICIENTI DI RESISTENZA IN KILOGRAMMI | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | AL TRAIMENTO o A (a) | ALLA COMPRESS. o B (b) | ALLA FLESSIONE o R (c) | ALLA TORSIONE o T (d) |
| PIETRE | Pietra bigia più dura. | » | 90. » | » | » |
| | Pietra bigia tenera. | » | 0. 40 | » | » |
| | Mattone durissimo | 2 | 15. » | » | » |
| | Mattone ordinario | » | 4. » | » | » |
| | Gesso | 0. 40 | 6. » | » | » |
| | Buona calcina di 18 mesi. | 0. 90 | 4. » | » | » |
| | Pietra calcaria ordinaria. | 6. » | 50. » | » | » |
| | Calcina ordinaria di 18 mesi. | 0. 30 | 2. 50 | » | » |
| LEGNAME | Quercia la più forte. | 196 | 80. » | 850.000 | 405.800 |
| | Quercia debole | 140 | 50. » | 586.200 | 167.200 |
| | Abete forte | » | 100. » | 709.700 | 310.900 |
| | Abete debole. | 167 | 26. » | 511.100 | 134.100 |
| | Olmo | » | 18. » | » | » |
| FERRO | Ferro forgiato il migliore di piccole dimensioni. | 1333 | 1250. » | 24513.000 | 20037.000 |
| | Ferro forgiato debole di grosse dimensioni | 667 | 1250. » | 13710.000 | 12022.000 |
| | Ghisa grigia. | 167 | 2500. » | 4493.000 | 7233.000 |
| | Ghisa dolce | 167 | 2500. » | 7355.000 | 8600.000 |
| | Acciajo il migliore. | 1500 | » | » | » |
| | Acciajo lo più cattivo. | 333 | » | » | » |
| | Catena usuale di ferro forgiato. | 2000 | » | » | » |
| | Catena di ferro rinforzata con un traversino. | 2667 | » | » | » |

## NOTE.

(a) *I coefficienti* A *rappresentano i traimenti in kil. che debbono al più subire i materiali per centimetro quadrato di superficie di sezione trasversale. Moltiplicando per 10, 5, o 6 si hanno le stesse forze capaci di romperli, secondo che trattasi di pietre, di legname o di ferro.*

(b) *I coefficienti* B *rappresentano i pesi che de'pezzi in piedi debbono al più sostenere nelle costruzioni, per centimetro quadrato di sezione trasversale, quando sono di forma cubica. Si ridurranno a'* $^5/_6$ *ed alla* $^1/_2$ *per i pezzi di legname, di cui l'altezza sarà 12 volte e 24 volte il più piccolo lato della base, ed a'* $^5/_8$ *e* $^1/_2$ *per le barre di ferro forgiato, di cui l'altezza sarà 12 e 24 volte il più piccolo lato della base, ed a'* $^2/_3$, $^1/_2$ *ed* $^1/_5$ *pel ferro fuso, secondocchè l'altezza sarà 4 volte, 8 volte, e 36 volte il più piccolo lato. Si moltiplicherà per 10, 5, o 4 il coefficiente* B *per istabilire la pressione per centimetro quadrato, capace di schiacciare i pezzi in piedi secondo che essi sono di pietra, di legname o di ferro.*

(cd) *I coefficienti* R *e* T *di resistenza alla flessione ed alla torsione, diventano de'coefficienti di rottura moltiplicandoli per 10, 3 o per 4 secondo che il pezzo è di legname, di ferro forgiato, o di ferro fuso. Si aggiungerà a'valori di* T $^1/_5$ *in sopra, se le sezioni sono circolari in vece di essere rettangolari.*

## PROBLEMA CXVII.

438. Determinare il peso che può sostenere una barra di ferro fuso di date dimensioni, senza che la sua elasticità sia alterata.

*Regola.* Si determini la sezione trasversale moltiplicando la larghezza per la grossezza, e questo prodotto si moltiplichi pel coefficiente corrispondente indicato nel quadro, il prodotto sarà il peso domandato.

ESEMPIO.

Sia data una barra di ferro fuso di 4 centimetri di larghezza, e di 3 centimetri di grossezza, determinare il peso che può sostenere senza che la sua elasticità fosse alterata.

$4 \times 3 = 12.^{cq}$ Ed essendo il coefficiente di resistenza al traimento di $167.^{k}$, avremo:

$12.^{cq} \times 167 = 2004.^{k}$ peso che la barra può sostenere senza alterarsi.

## PROBLEMA CXVIII.

439. Determinare il peso capace di rompere una barra data, di ferro fuso.

*Regola.* Si moltiplichi il peso che la barra può sostenere senza alterarsi, pel coefficiente indicato nella nota (a) del quadro, il prodotto sarà il peso capace di romperla.

ESEMPIO.

Determinare il peso capace di rompere una barra di ferro fuso di 4 centimetri di larghezza, e 3 centimetri di grossezza.

$3 \times 4 = 12.^{cq}$

$12 \times 167 = 2004.^{k}$

$2004.^{k} \times 6 = 12024.^{k}$ peso capace di rompere la barra, essendo 6 il coefficiente indicato nel quadro.

## PROBLEMA CIX.

440. Determinare la sezione di una barra di ferro fuso, conoscendo il peso che deve sostenere senza essere alterata.

*Regola.* Si divida il peso dato pel coefficiente di resistenza dato nel quadro, il quoziente sarà la sezione domandata.

### ESEMPIO.

Determinare la sezione di una barra di ferro fuso che può sostenere senza alterarsi un peso di $2004.^{k}$

$\frac{2004}{167} = 12.^{cq}$ sezione domandata, essendo 167 il coefficiente corrispondente.

441. Questi calcoli si applicano a tutte le materie sottoposte allo sforzo di traimento, soltanto il coefficiente cambia secondo la natura de' corpi.

## RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE.

442. Una forza è detta di *compressione*, allorchè essa tende a ricalcare nel senso della loro lunghezza le fibbre del pezzo, che è sottoposto alla sua azione.

443. La resistenza di un corpo allo sforzo di compressione, è proporzionale alla sua sezione trasversale.

## PROBLEMA CXX.

444. Determinare il peso che può sostenere un cubo di fabbrica di mattoni durissimi.

*Regola*. Si determini la superficie della sezione del cubo, e si moltiplichi pel coefficiente indicato nella tavola, il prodotto darà il peso domandato.

ESEMPIO.

Sia dato un cubo di mattoni durissimi che ha per lato 60 centimetri, determinare il peso che può sostenere.

$60 \times 60 = 3600.^{cq}$, e

$3600.^{cq} \times 15 = 54000.^{k}$ peso domandato: 15 essendo il coefficiente che corrisponde nel quadro.

## PROBLEMA CXXI.

445. Determinare il peso che schiaccerebbe una pila di mattoni durissimi.

*Regola*. Si determini la superficie della sezione della pila di mattoni, e si moltiplichi pel coefficiente indicato nel quadro pel peso a sostenere, il prodotto si moltiplica pel coefficiente designato dalla nota (b) del quadro, il prodotto sarà il peso domandato.

ESEMPIO.

Sia dato un cubo di mattoni durissimi che ha 60 centimetri di lato, determinare il peso che lo schiaccerebbe.

$60 \times 60 = 3600 \times 15.^{k} = 54000.^{k}$, e $54000.^{k} \times 10 = 540000.^{k}$ peso domandato, essendo 10 il coefficiente indicato dalla nota (b) del quadro.

## PROBLEMA CXXII.

446. Determinare il peso che può sostenere senza essere alterata, una colonna di ghisa dura piena, di cui l'altezza è eguale a 12 volte la sua grossezza, essendo il diametro medio 15 centimetri. La superficie della sezione circolare della colonna è data $= \frac{\pi d^2}{4}$; o $0.785 \times 15^2 = 176.^{cq}6$.

Il coefficiente di resistenza per la ghisa dura $= 167$, e $176.^{cq}6 \times 167.^k = 29492.^k 2$ peso domandato.

447. La colonna avendo una lunghezza eguale a 12 volte il suo diametro, bisogna secondo la nota (b) del quadro, prendere i $^5/_6$ di $29492.^k 2$, e si ottiene $29492.^k 2 \times {^5/_6} = 24576.^k 7$ pel peso che la colonna può sostenere senza rompersi. Se la lunghezza della colonna era 24 volte il suo diametro, bisognava prendere la $^1/_2$ di $29492.^k 2$ pel peso che sosterrebbe il pezzo; in vece di prendere i $^5/_6$ di $29492.^k 2$ si avrebbero potuto prendere i $^5/_6$ del coefficiente $167 = 139$, il risultato sarebbe stato lo stesso.

Il peso $24576.^k 7 \times 4 = 98306.^k 8$ per lo sforzo che schiaccerebbe la colonna.

## PROBLEMA CXXIII.

448. Conoscendo il peso che deve sostenere il pezzo senza piegare, determinare la sua sezione trasversale.

*Regola*. Dividete il peso dato pel coefficiente ridotto secondo la lunghezza del pezzo, ed il quoziente dà la superficie.

Così nell'esempio precedente dove il coefficiente 167 ridotto a' $^5/_6 = 139$; si divide $24576.^k 7$ per 139 ed il

quoziente 176.^{q}6 è la superficie; e

$$\sqrt{\frac{176.6 \times 4}{3.1416}} = 15 \text{ centimetri diametro domandato.}$$

449. Comparando insieme la resistenza di traimento e di compressione, si vede che queste resistenze sono proporzionali alla superficie di sezione trasversale di rottura, e si può aggiungere che per lo sforzo di traimento si trascura frequentemente la lunghezza del pezzo, fino al punto per altro dove il peso stesso di questo pezzo potrebbe aumentare la forza applicata; mentre che per lo sforzo di compressione la lunghezza del pezzo, entra immediatamente per qualche cosa ne' calcoli. E la regola si riduce così in formola:

Moltiplicate la superficie della sezione trasversale del pezzo pel coefficiente, modificato secondo la natura, e la lunghezza de' pezzi.

## RESISTENZA ALLA FLESSIONE.

450. La resistenza di un pezzo alla *flessione* è la forza che si oppone ad ogni forza che agisce in una direzione perpendicolare alla sua lunghezza come i casi delle travi, leve, bilancieri, ec.

451. I corpi possono essere sottoposti allo sforzo di flessione di diverse maniere. Così, per esempio, una trave può essere incastrata in un muro ad uno de' suoi estremi, e caricata dall'altro di un certo peso; la stessa trave può essere appoggiata co' suoi estremi, e caricata nel mezzo; indi finalmente il peso situato in un punto qualunque della sua lunghezza: sono questi diversi casi che andremo successivamente ad esaminare.

452. Consideriamo il caso in dove un pezzo è incastrato ad uno de' suoi estremi, e caricato all'altro; de-

terminiamo qual'è il peso capace di essere sostenuto da questo pezzo (fig. 67).

Egli è facile a persuadersi che la rottura del pezzo tende ad aver luogo secondo la sua linea $nn'$ d'incastro, poichè è a questa medesima sezione che l'energia del peso sarà la maggiore, vista la lunghezza della leva, e naturalmente la resistenza è proporzionale alla superficie della sezione trasversale del pezzo; ma prima di rompere, il pezzo si curva in guisa tale che le fibbre situate dal lato della parte convessa o superiore si allungano, mentre che quelle della parte inferiore si accortano o si restringono, e quelle intermedie restano invariabili.

453. La teoria entrando in queste considerazioni, dà per lo stato di equilibrio la formola $Rab^2 = PL$, cioè a dire che il momento della resistenza del pezzo è eguale al momento del peso applicato, o benanche il prodotto della resistenza per la sezione verticale del pezzo è eguale al prodotto del peso applicato per la lunghezza della leva; o in altri termini, i momenti sono eguali. In questa formola R rappresenta il coefficiente di resistenza del pezzo; $a$ è la dimensione orizzontale della sezione del pezzo, e $b$ l'altezza verticale; P è il peso applicato, ed L è la lunghezza del pezzo. Ora si determina in questa formola $P = \frac{Rab^2}{L}$; tale è il peso che in teoria sarebbe capace di rompere un pezzo (fig. 68) di sezione rettangolare. Se il pezzo (fig. 69) è quadrato $a = b$ ed $ab^2$ diventa $a^3$; la formola prende allora la nuova forma $P = \frac{Ra^3}{L}$. Se il pezzo è cilindrico (fig. 70) essa diventa $P = \frac{\pi D^2 \times R}{4L}$. Questa formola ci conduce a stabilire i principî seguenti.

454. La resistenza trasversale delle travi è in ragione inversa della loro lunghezza, e direttamente proporzionale alla loro larghezza, ed al quadrato della loro grossezza. E se la sezione è un quadrato, la resistenza è proporzionale al cubo del lato.

455. Sviluppando questi principî si giunge a dire, che se una trave che ha due metri di lunghezza, 4 centimetri di larghezza, e 12 centimetri di altezza o di grossezza, può per supposizione portare 1000.k un'altra trave della stessa materia, che avrebbe 4 metri di lunghezza, 4 centimetri di larghezza, e 12 centimetri di altezza ne porterebbe 500.k

Egualmente se questa stessa trave che ha 2 metri di lunghezza porta una larghezza doppia conservando la medesima grossezza, sosterrà un peso doppio: ma se conservando la sua lunghezza e la sua larghezza, ha una grossezza doppia, il peso che la trave sosterrà, essendo come il quadrato della grossezza, diventerà 4 volte la prima o 4000.k

456. Secondo quest'ultima osservazione sarà sempre molto vantaggioso situare nella parte meno larga i pezzi incastrati, e prenderli rettangolari nel rapporto di 7 di altezza sopra 5.

457. La formola $P = \frac{R a b^2}{L}$ è data teoricamente pel caso dove si cercherebbe il peso capace di rompere il pezzo; ma ciò che noi vogliamo è il peso che potrà sostenere il pezzo senza che sia alterata la sua elasticità.

458. Nel corso di Poncelet, questa formola per un pezzo incastrato ad uno de' suoi estremi e caricato all'altro diventa:

1.° Allorchè la sezione è rettangolare. . $P = \frac{R a b^2}{6 L}$

2.° Allorchè la sezione è quadrata. . . . $P = \frac{R\,a^3}{6\,L}$

3.° Per una sezione cilindrica. . . . . $P = \frac{R\,\pi\,5^3}{4\,L}$

459. In ciascuna di queste tre formole conoscendo il peso P che carica il pezzo, si determinerebbe la sezione del pezzo, ed in seguito il lato ed il raggio della sezione trasformandole così:

1.ª Formola $b = \sqrt[2]{\frac{6\,L\,P}{a \times R}}$

2.ª formola $a = \sqrt[3]{\frac{6\,L\,P}{a \times R}}$

3.ª Formola $r = \sqrt[3]{\frac{4\,L\,P}{\pi \times R}}$

ESEMPIO.

1.° Quale peso sosterrebbe una trave di quercia di 3 metri di lunghezza, la sua sezione rettangolare dando $a = 0.^m\,32$, e $b = 0.^m\,30$ questa trave essendo incastrata ad uno de' suoi estremi, ed il peso all'altro estremo. Il coefficiente di resistenza della quercia è dato nel quadro = 850.100.

La formola $P = \frac{R \times ab^2}{6\,L}$ diventa sostituendo i valori:

$P = \frac{850.100 \times 0.^{mq}0288}{6 \times 3} = 1360.^k$ questo è il peso che può sostenere la trave senza alterarsi.

Moltiplicando $1360.^k$ per 10, il prodotto $13600.^k$ sarebbe il peso che farebbe rompere la trave.

2.° Conoscendo il peso $P = 1360.^k$, si determinerebbe la dimensione di un lato della sezione trasversale, il lato $b$ per esempio, colla formola data sopra.

$b = \sqrt{\frac{6LP}{a \times R}}$ che sostituendo, diventa.

$b = \sqrt{\frac{6 \times 3 \times 1360}{0.32 \times 850.100}} = 0.^m 30.$

Sarebbe anche facile col mezzo delle medesime formole determinare il lato *a*, e per continuazione la squadratura di un pezzo incastrato ad uno de' suoi estremi e caricato all'altro, variando tuttavia, come nel quadro, il coefficiente di resistenza R secondo la natura dei materiali.

Generalmente per diminuire il peso de' pezzi, ed economizzare le materie s'incavano i pezzi e si rinforzano con rilievi, come (fig. 71), e si comprenderà il vantaggio delle ossature e rinforzi tanto spesso impiegati nella sezione de' bracci delle ruote, bielle, bilancieri, sostegni, ec. poichè col loro intermezzo la resistenza de' pezzi è quasi tanto grande, che se la sezione fosse piena in tutta la lunghezza del pezzo.

### SOLIDO DI EGUALE RESISTENZA.

460. Essendosi stabilito che la rottura di un pezzo incastrato ad uno de' suoi estremi e caricato all' altro, aveva luogo nel sito medesimo dello incastro. Nelle macchine allorchè si è determinata l'altezza della sezione del pezzo da incastrarsi, si può per diminuire il suo peso impicciolire quest' altezza nel rimanente della lunghezza del pezzo, dandogli la forma di un solido parabolico, lo che è tanto più possibile, per quanto la leva del peso si accorterebbe a misura che si avanza verso il suo punto di applicazione, il suo momento diminuisce progressivamente.

461. Poncelet dà il processo pratico seguente per tracciare la curva di configurazione di un bilanciere di mac-

china a vapore, per esempio, qualora la sua lunghezza è data, e che si è calcolata l'altezza CD (fig. 72) della sezione d'incastro.

Sia AB il raggio del bilanciere, e CD l'altezza della sezione d'incastro che si trova all'asse di rotazione o di sospensione; si divide la semi altezza AD togliendone delle parti che si vogliono, in 4 per esempio, e si effettuisce la divisione della lunghezza AB in uno stesso numero di parti. Si tirano da ciascuno de'punti di divisione presi sopra AD delle parallele ad AB; indi si congiunge l'estremo C a ciascuna delle divisioni AB; ed il loro incontro con ciascuna delle parallele corrispondenti, determina altrettanti punti della curva parabolica. Questa curva è simetrica da sopra e da sotto dell'asse del bilanciere, ed egualmente per l'altra semi lunghezza.

**PEZZO INCASTRATO A' DUE ESTREMI.**

462. Quando un pezzo è incastrato a'suoi due estremi in mura che non possono cedere, a condizioni eguali, sosterrà nel suo mezzo uno sforzo quattro volte tanto grande che nel caso in cui è incastrato ad uno de'suoi estremi e caricato all'altro; perchè 1.° la lunghezza del braccio della leva del peso che tende a farlo piegare è metà più piccolo; e 2.° perchè vi sono due superficie d'incastro, e quindi una resistenza doppia (fig. 73).

Così la formola in questo caso per determinare il peso che sosterrebbe la trave nel suo mezzo senza alterarsi, diventa $P = \frac{4 R \times ab^2}{6 L}$, e nell'applicazione precedente dove la trave ha 3 metri di lunghezza, ed una squadratura di 0.$^m$ 32 sopra 0.$^m$ 30, effettuandone i calcoli, il peso che essa sosterrebbe senza piegare sarebbe $4 \times 1360.^k = 5440.^k$, ed il peso che la romperebbe sarebbe $5440 \times 10 = 54400.^k$

## RESISTENZA ALLA TORSIONE.

463. S'intende per forza di *torsione*, lo sforzo che agisce di lato sopra un pezzo incastrato a ciascun'estremo per tendere a guastarne la figura, o torcerlo.

464. La formola $F = \frac{0.2357\, a^3\, T}{L}$ dà lo sforzo di torsione al quale può essere sottoposto un pezzo, di cui la sezione trasversale che è un quadrato, ha per lato $a$.

Questa formola di cui F rappresenta lo sforzo, ed $l$ la leva sulla quale agisce la torsione, ci conduce alla seguente:

*Regola.* Moltiplicate il decimale 0.2357 pel cubo del lato della sezione e pel coefficiente di resistenza alla torsione dato nel quadro, e dividete per la lunghezza della leva dove si fa lo sforzo, il quoziente esprimerà la resistenza del pezzo.

ESEMPIO.

Qual'è lo sforzo di torsione che può sostenere senz'alterarsi un'asse quadrato di ghisa griggia, di cui il lato $a = 0.^m 15$, allorchè lo sforzo agisce all'estremo di una leva $l$ di $1.^m 50$ di lunghezza?

$$F = \frac{0.2357 \times 0.003375 \times 7233.000}{1.^m 50} = 3830.^k 54.$$

Si determinerebbe egualmente col mezzo della precedente formola, quale dev'essere la sezione di un pezzo per resistere ad uno sforzo di torsione facendo,

$$a = \sqrt[3]{\frac{l \times F}{0.2357\, T}}$$ di dove viene la seguente:

*Regola.* Effettuite il prodotto della lunghezza della leva per lo sforzo di torsione, e dividete pel prodotto

del decimale 0.2357 pel coefficiente di resistenza dato nel quadro, la radice cubica del quoziente esprimerà il lato della sezione.

Prendendo l'esempio precedente, la formola aritmetica diventa:

$$a = \sqrt[3]{\frac{1.^{m} 5 \times 3830.^{k} 54}{0.2357 \times 7233.000}} = 0.^{m} 15.$$

Così il lato della sezione $= 0.^{m} 15$ per un'asse di ghisa griggia, nelle condizioni di sopra date.

### DIAMETRI DEGLI ORECCHIONI.

465. Gli orecchioni degli assi nelle macchine sono generalmente sottoposti allo sforzo di pressione o di flessione, ed allo sforzo di torsione. Lo sforzo di pressione è dovuto al peso de' pezzi motori di trasmissione; questa forza di flessione è sempre proporzionata a' pesi dei pezzi montati sull'asse.

Tredgold dà la regola seguente per determinare il diametro degli orecchioni sottoposti allo sforzo di flessione:

$$d = \sqrt{\frac{N}{60}}$$

*d* rappresenta il diametro in centimetri per gli assi di ferro forgiato, ed N disegna la pressione semplice sopra gli orecchioni.

#### ESEMPIO.

Supponiamo un'asse caricato di un volante nel mezzo della sua lunghezza, di cui il peso è di $4000.^{k}$, la pressione sopra ciascuno orecchione sarà di $2000.^{k}$ Quale sarà il suo diametro?

$$d = \sqrt{\frac{2000}{60}} = 6.^{c} \text{ circa.}$$

466. Lo sforzo di torsione di un'asse, e per conseguenza degli orecchioni, è dovuto alla potenza che tende a farli girare in un senso, ed alla resistenza che tende a farli cambiare di figura nell'altro senso.

467. Gli assi non sono tutti sottoposti allo stesso grado di sforzo di torsione, lo che permette di stabilire la suddivisione degli orecchioni in tre classi:

La prima classe comprende gli assi sottoposti a' più grandi sforzi di torsione, e che nello stesso tempo sostengono de' pesi considerevoli; tali sono gli assi su'quali sono montati i volanti, le manuelle, e che noi chiameremo assi primi motori.

La seconda classe comprende gli assi di ruote idrauliche, e quelli che comunicano co'primi motori portando ordinariamente delle grandi ruote d'ingranaggio. Questi assi sono benanche sottoposti ad uno sforzo di torsione, e ad una pressione laterale considerabile, ma intanto meno energiche de' primi. Nella terza classe sono compresi gli assi secondarî di trasmissione, che non comunicano direttamente con gli assi primi motori, e che sostengono poco peso.

468. La regola fondamentale è che lo sforzo che un orecchione deve sostenere, è in ragion diretta della forza in cavalli, ed in ragione inversa del numero in rivoluzioni dell'asse; di dove risulta che un'orecchione che deve trasmettere una forza di 30 cavalli con una velocità di 20 rivoluzioni, ha lo stesso sforzo di torsione a sostenere, di un'orecchione che non avrebbe a trasmettere che una forza di 15 cavalli con una velocità di 10 rivoluzioni, o metà più piccola; poichè $^{20}/_{30} = {}^{2}/_{3}$, e $^{10}/_{15} = {}^{2}/_{3}$. Così lo sforzo è lo stesso quando il numero di cavalli diviso pel numero di rivoluzioni, dà lo stesso quoziente. La proporzione la più generale ammessa per

gli orecchioni, è di dargli una lunghezza eguale agli 0.80, o 0 85 del loro diametro, questa lunghezza che non ha alcuna influenza sotto il rapporto dello attrito, deve essere presa in considerazione.

469. La resistenza degli orecchioni di assi di ferro battuto comparativamente agli assi di ferro fuso per resistere ad uno sforzo laterale, è pel cubo del loro diametro come $14 : 9$.

Cioè a dire, secondo Tredgold, che conoscendo per esempio il diametro di un'orecchione di ferro fuso $= 7$ per resistere ad uno sforzo dato, si troverebbe il diametro dell'orecchione di ferro battuto per resistere allo stesso sforzo, colla seguente proporzione:

$$14 : 9 :: 7^3 : x, \text{ o pure}$$
$$14 : 9 :: 343 : 220.5$$
$$\sqrt[3]{220.5} = 6.04$$

O in centimetri il primo orecchione di ferro fuso essendo eguale a 18.$^c$9; quello di ferro battuto si determinerebbe così:

$$14 : 9 :: (18.9)^3 : x ; \sqrt[3]{x} = 16.^c3.$$

## ORECCHIONI DI ASSI PRIMI MOTORI.

470. Il diametro di un'orecchione di asse primo motore, si determina secondo Buchanan colla seguente:

*Regola.* Dividete il numero di cavalli che compone la resistenza, pel numero di rivoluzioni che l'asse deve fare in un minuto, e moltiplicate il quoziente pel numero 6800, la radice cubica del risultato dà il diametro grosso dell'orecchione di ferro fuso; per avere il diametro dell'orecchione di ferro battuto, bisogna rimpiazzare il coefficiente 6800 con l'altro 4371.

ESEMPIO.

Determinare il diamentro dell'orecchione di ferro fuso di un'asse per sostenere un volante che fa 20 rivoluzioni per minuto, e che trasmette una forza di 10 cavalli:

$\sqrt[3]{{}^{10}/_{20} \times 6800} = 15.^c$ diametro dell'orecchione di ferro fuso, e

$\sqrt[3]{{}^{10}/_{20} \times 4371} = 12.^c9$ diametro dell'orecchione di ferro battuto.

471. Per trovare a quale forza corrisponde il diametro di orecchione dato, si opera come la seguente:

*Regola.* Fate il cubo del diametro; dividete questo cubo per 6800, se l'orecchione è di ferro fuso, e per 4371 se l'orecchione è di ferro battuto; il quoziente moltiplicato pel numero di rivoluzioni, dà la forza in cavalli.

ESEMPIO.

Conoscendo il diametro di un'orecchione di asse di ferro fuso $= 15.^c$, ed il numero di rivoluzioni che fa $=$ 20, determinare la potenza che trasmette la forza in cavalli.

$(15.^c)^3 = 3375$ cubo del diametro di ferro fuso:

$\frac{3375}{6800} = 0.496$, e

$0.496 \times 20 = 10$ cavalli circa.

Il cubo del diametro dell'orecchione di ferro battuto $=$ $(12.^c9)^3$.

$\frac{2185.5}{4371} = 0.5$, e $0.5 \times 20 = 10$ cavalli.

**ORECCHIONI DI ASSI DI SECONDA CLASSE.**

472. La regola per determinare gli orecchioni di assi di seconda classe per trasmettere una forza data, o reciprocamente per conoscere la potenza trasmessa da un asse di cui il diametro è dato, è la stessa della precedente; soltanto il coefficiente pel ferro fuso 6800 diventa 3280, e quello 4371 diventa 2108 per gli orecchioni di ferro battuto.

ESEMPIO.

Sia un'asse caricato di una grande ruota d'ingranaggio, e comunicando coll'asse primo motore di una macchina a vapore che gli trasmette una forza di 24 cavalli, con una velocità di 20 giri per minuto, trovare il diametro dell'orecchione di ferro fuso, ed in seguito quello di ferro battuto.

$\sqrt[3]{{}^{24}/_{20} \times 3280} = 16.^{c}$ diametro dell'orecchione di ferro fuso.

$\sqrt[3]{{}^{24}/_{20} \times 2108} = 13.^{c}8$ diametro dell'orecchione di ferro battuto.

**ORECCHIONI DI ASSI DI TERZA CLASSE.**

473. Il diametro di questi orecchioni si calcola egualmente, ma cambiando il moltiplicatore, che per gli orecchioni di ferro fuso diventa 1640, e per gli orecchioni di assi di ferro battuto = 1054.

ESEMPIO.

Sia un'asse di trasmissione secondaria agendo con una velocità di 12 rivoluzioni per minuto, e trasmettendo una forza di 6 cavalli

$\sqrt[3]{{}^{6}/_{12} \times 1640} = \sqrt[3]{820} = 9.^{c}4$ diametro dell'orecchione di ferro fuso:

$\sqrt[3]{{}^{6}/_{12} \times 1054} = 8.^{c}$ diametro dell'orecchione di ferro battuto.

474. Il diametro del corpo degli assi di ferro fuso, o battuto si deduce da quello de'loro orecchioni; si fanno generalmente un poco più grossi in modo che la loro sezione sia cilindrica o quadrata. I moltiplicatori dati di sopra per calcolare gli orecchioni di assi secondo le circostanze dove essi si trovano, sono determinati in considerazione del loro peso, e della torsione alla quale gli assi possono essere sottoposti.

475. In quanto agli assi di legname la loro resistenza nelle medesime condizioni è $^{1}/_{4}$ del ferro fuso; così conoscendo il diametro dell'asse di ferro fuso, bisognerà aumentarlo nel rapporto della $\sqrt[3]{4} = 1$ per avere il diametro dell'asse di quercia.

**REGOLA PER DETERMINARE I DIAMETRI DE' FUSI DE' PISTONI.**

476. Moltiplicate la superficie del pistone in centimetri quadrati, per la pressione del vapore in kilogrammi nel cilindro sopra ciascun centimetro quadrato; dividete il prodotto per 100 ed estraete la radice quadrata dal quoziente, il risultato esprimerà il diametro in centimetri del fuso di ferro battuto.

ESEMPIO.

Sia un cilindro di cui il diametro interno = 40 centimetri, la sua superficie espressa da $\frac{\pi D^2}{4}$, o $\frac{3.1416 \times 1600.^{cq}}{4}$

$= 1256.^{cq} 64$, non è altro che quella del pistone; la tensione nel cilindro $= 4$ atmosfere, o $4 \times 1.^{k} 033 = 4.^{k} 132$ per centimetro quadrato.

$\sqrt{\frac{1256.^{cq} 64 \times 4.132}{100}} = 7.^{c} 17$ diametro del fuso di ferro battuto.

477. Per i fusi di acciajo, basta prendere i $^{6}/_{10}$ del diametro de' fusi di ferro forgiato; così $7.^{c} 17 \times 0.6 = 4.^{c} 30$ diametro del fuso di acciajo.

478. Della stessa maniera si calcolano i diametri delle bielle di ferro, avendo l'attenzione di aggiungere al diametro trovato $^{1}/_{8}$, o $^{1}/_{10}$ di più pel diametro del mezzo della biella.

### FORZA DE' PERNI IMPIEGATI NELLE MACCHINE A VAPORE PER RIUNIRE LE DIVERSE PARTI.

479. Secondo Farey si trova generalmente che il cilindro pieno che porta di aggetto le spire della vite, ha per diametro i $^{5}/_{6}$ del diametro preso all'esterno delle spire; cioè a dire che si conta che la curva spirale penetra di $^{1}/_{12}$ del diametro, e la superficie di questo cilindro pieno è i $^{25}/_{36}$, o 0.694 dell'area del cilindro esterno; ora si può assicurare che lo sforzo al quale il ferro può essere sottoposto in macchina, è $^{1}/_{15}$ della sua maggior forza, o $\frac{4002.^{k}}{15}$ cioè a dire $266.^{k}$ circa per centimetro quadrato, e moltiplicando 266 per 0.7854, che è il rapporto del cerchio al quadrato circoscritto, il prodotto $208.^{k}$ sia 200 è la resistenza per centimetro circolare; questa resistenza diventa per pollice quadrato comparativamente alla resistenza per centimetro quadrato come $7.29 : 1$; cioè a dire che la resistenza in macchina di un fuso di ferro di un pollice quadrato $= 266.^{k} \times 7.29$

$= 1900.^{k}$ circa, e di un pollice circolare $= 1900 \times 0.7854 = 1490.^{k}$ Ora in un perno a vite di 1 pollice di diametro esternamente, non bisogna considerare che la superficie del cilindro pieno senza la spira; cioè a dire che la resistenza non sarà più che $1490.^{k} \times 0.694 = 1034.^{k}$ circa, sia $1000.^{k}$ Tale è il limite del peso che può sostenere una vite di un pollice di diametro all'esterno della spira.

480. Da ciò viene la seguente regola per calcolare i diametri de' perni dovendo resistere senza rompersi ad uno sforzo prodotto: dividete lo sforzo dato in kilogrammi per 1000, estraete la radice quadrata dal quoziente, questa radice esprimerà il diametro esterno della vite.

ESEMPIO.

Supponiamo che un pistone di un cilindro a vapore o idraulico, esercita una forza di $15000.^{k}$, quale dev'essere il diametro del perno?

$\sqrt{\frac{15000}{1000}} = 3.^{pol}\,8$, o $10.^{c}\,2$.

Ma se s'impiegano 4 perni, ciascuno di essi non sostiene che una pressione di $\frac{15000}{4} = 3750.^{k}$, ora $\sqrt{\frac{3750}{1000}} = 1.^{pol}\,9$, o $5.^{c}\,1$ diametro di ciascun perno.

*Osservazione.* I $^{5}/_{6}$ del diametro esterno danno in un perno il diametro della parte piena del cilindro che porta la vite senza la spira; ed il diametro esterno diviso per 6 dà per quoziente il pane, o la distanza tra il mezzo di una spira al mezzo della sua contigua. La forma più convenevole è di far convessa una scrofola nella parte inferiore, perchè allora non posa giammai in fallo.

Il diametro di una scrofola a 6 facce eguaglia 2 volte il diametro del fuso, e quello di una scrofola quadrata eguaglia 2 volte $^{1}/_{2}$ circa il diametro.

### RESISTENZA DI DIVERSE SOSTANZE FINO AL PUNTO DI ROTTURA, CAUSATA DA UNA TENSIONE LONGITUDINALE SECONDO NAVIER.

*Legname* rotto da uno sforzo di 8.$^k$ per millimetro quadrato.

*Ferro fuso* rotto da uno sforzo di 13 a 14.$^k$ per millimetro quadrato.

*Ferro forgiato* rotto da uno sforzo di 40.$^k$ per millimetro quadrato ( o 4000.$^k$ per centimetro quadrato ).

Il ferro passatò alla *trafila* presenta una forza 1 e $^1/_2$ volta più grande.

La *lamina di ferro* tirata nel senso della lunghezza de' fogli, 41.$^k$ per millimetro quadrato.

La lamina di ferro tirata perpendicolarmente alla lunghezza de' fogli 38.$^k$ per millimetro quadrato.

La *lamina di rame* 21.$^k$ idem.

Il *piombo laminato* 1.$^k$ $^1/_3$ idem.

*Tubi*, o *fusi pieni* di vetro o cristallo 2.$^k$ $^1/_2$ per millimetro quadrato.

*Osservazioni*. Il ferro comincia ad allungarsi sensibilmente, e sembra alterarsi sotto de' pesi eguali a' $^2/_3$ di quelli che producono la rottura. Lo stesso effetto ha luogo pel rame colla metà del peso che occasiona la rottura; egualmente pel piombo.

# CAPITOLO XV.

## APPLICAZIONI.

481. Il problema 20.° § 153 riceve sopra tutto la sua applicazione per effettuire le piccole divisioni sulle scale di riduzione; a quale oggetto è utile far rilevare che per ridurre una macchina sopra un disegno proporzionalmente ed in rapporto dato, basta dividere la lunghezza del metro espressa in centimetri pel numero a ridurre.

Così se trattasi di disegnare sulla carta una macchina ad $^1/_5$ per esempio della sua grandezza, si dividono 100 centimetri per 5; il quoziente 20 centimetri, sarà la lunghezza del metro ridotto sulla carta. Questa lunghezza divisa in dieci parti dà per ciascuna di esse un decimetro ridotto nello stesso rapporto ad $^1/_5$, e ciascuna di queste nuove divisioni essendo di nuovo suddivisa in dieci, rappresenterà un centimetro ridotto della stessa maniera, e così in seguito.

482. Il problema 29.° § 162 permette di trovare la sezione trasversale della più grossa trave, che sia possibile di tagliare in un pezzo tondo di legname.

483. Il problema 67.° § 229 dà le norme per trovare il peso di un cilindro di ferro colla seguente regola: bisogna moltiplicare il volume del solido dato pel peso di un metro cubo di ferro, il prodotto sarà il peso domandato.

ESEMPIO.

Il volume del cilindro $= 4.^{mc}64$, il peso di un metro cubo di ferro $= 7788.^{k}$: dunque

$4.^{mc}64 \times 7788 = 36136.^{k}32$ peso domandato.

484. Il problema 71.° § 233 dà la norma per determinare la capicità di un vaso che avrebbe la forma di un cono tronco rovesciato, e di cui le dimensioni fossero le seguenti:

Altezza = o.$^{m}$ 65.

Diametro interno inferiore = o.$^{m}$ 35

Diametro interno di sopra = o.$^{m}$ 26

$(0.^{m}35 \times 0.^{m}26 + 0.1901)\ 0.65 \times 0.2618 = 0.^{mc}0478.$
Così questo vaso conterrebbe in liquido o.$^{mc}$ 0478, o 47.$^{lit}$ 8.

485. Il problema 72.° § 234 dà norma per determinare il peso di una pietra di figura piramidale tronca conoscendo il suo peso specifico = 2.168, moltiplicandosi per 2.$^{mc}$653 solidità della pietra per 1000 e per 2.168, o soltanto per 2168, il prodotto 5751.$^{k}$ 704 sarebbe il peso domandato.

486. Il problema 73.° § 235 dà le regole per trovare il peso di una palla di rame fuso, il di cui peso specifico è 8.788, che si moltiplica per o.$^{mc}$ 00818 e per 1000, cioè $0.^{mc}00818 \times 1000 \times 8.788 = 71.^{k}88$ peso della palla.

487. Il problema 74.° § 236 dà le regole per determinare (fig. 74) la capacità di un vaso avendo la forma di un segmento sferico, di cui l'apertura superiore sarebbe eguale a o.$^{m}$ 9, e di cui l'altezza o freccia sarebbe o.$^{m}$ 45.

$(\overline{0.45^{2}} + 3 \times \overline{0.45^{2}})\ 0.45 \times 0.5236 = 0.^{mc}191.$ La capacità sarebbe di 191$^{dc}$, o 191 litri.

Egualmente si può determinare la capacità di una caldaja di macchina a vapore, che avrebbe l'ordinaria forma cilindrica e gli estremi sferici, la lunghezza della parte cilindrica misurando 3 metri senza gli estremi, il

suo diametro essendo di $0.^{m}85$, e la freccia delle porzioni sferiche eguale al raggio.

Solidità del cilindro $= 0.7854 \times (0.85)^2 \times 3.^{m} = 1.^{mc}702$.

Solidità delle porzioni sferiche $= (\overline{0.425}^2 + 3 \times \overline{0.^{m}425^2})$ $0.^{m}425 \times 0.5236 = 0.^{mc}161$.

$$0.161 \times 2 = 0.322$$

Aggiungendo insieme. . . . . . . $1.^{mc}702$
$0.^{mc}322$

$2.^{mc}024$

esprime la capacità della caldaja.

488. Nell'esempio citato al § 289 si è potuto con una potenza di $20.^{k}$ soltanto esercitare una pressione di $8400.^{k}$; ma bisogna rilevare ancora quanto proporzionalmente più piccolo è lo spazio percorso dal punteruolo che esercita questa pressione.

Egualmente allorchè con un martinetto si solleva una carrozza o ogni altro peso molto considerevole, non si calcola che la massa alzata, ma si dovrebbe nel medesimo tempo osservare quanto poco è stata sollevata la carrozza.

489. Da ciò si conchiude che il vero scopo delle macchine non è quello di aumentare il lavoro de' motori che vi sono applicati, ma bensì di trasformare la loro azione in un lavoro industrioso appropriato secondo le circostanze.

490. Può stare che una forza mediocre, quella di un'uomo, potesse sollevare un peso considerevole, ma con una velocità proporzionalmente minore.

491. Non si può dunque coll'impiego delle macchine semplici, che variare uno de' due fattori del travaglio, la forza o la velocità a spese dell'altro, ma senza aumentare perciò l'effetto utile, giacchè il prodotto della

forza per la velocità è costante ; e questo prodotto che esprime il lavoro della potenza , deve essere almeno sempre eguale al travaglio della resistenza nelle macchine meno complicate, ed a più forte ragione negli apparecchi dove gli attriti risultanti da' pezzi di trasmissione , sono una perdita di travaglio che bisogna compensare a spese della potenza.

492. Riassumendo il travaglio sviluppato dalla potenza in un tempo dato, deve sempre eguagliare il travaglio utile, più il travaglio delle resistenze nocive; e l'effetto utile di una macchina sarà di tanto maggiore per quanto si sarà diminuito il travaglio delle resistenze nocive. S'intendono per resistenze nocive , gli attriti , la resistenza dell'aria, le scosse, ec.

493. Il problema 78. § 300 dà la regola come per esempio , affrancare una fogna situata a 40 metri di profondità, col mezzo di un'asse nella ruota a manuella alzando 8000 litri di acqua per ora , e quanti uomini da impiegarvisi. Il travaglio da ottenere in un'ora è eguale a 8000 litri o kilogrammi $40.^{m} \times 8000 = 320000.^{k}$; ora esaminando il quadro pagina 122 delle qualità di travaglio prodotto, si trova che un'operajo agendo sopra una manuella può sviluppare per ora $\frac{172800}{8} = 21600.^{k}$; dividendo $320000.^{k}$ per 21600, il quoziente 15 esprime il numero di operaj da impiegare per produrre l'effetto domandato.

494. Nelle seghe meccaniche il moto circolare continuo di una manuella, è trasformato da una biella che viene ad unirsi al basso della sega in un moto rettilineo alterno, orizzontale o verticale della sega che è obbligata a seguire una direzione rettilinea, guidata nella sua corsa da molinelli o agenti mobili nelle saracinesche. La

fig. 65 che indica questa disposizione, può fare comprendere che per una semi-rivoluzione della manuella intorno al suo asse, vi sarà una pulsazione rettilinea della sega, e che per la seconda semi-rivoluzione della manuella, la sega avrà percorso l'altra pulsazione alterna; cosicchè per ciascuna rivoluzione della manuella, vi sarà doppia oscillazione della sega.

495. Nelle macchine a vapore a movimento diretto (sistema Maudslay) il moto è opposto; il vapore agendo alternativamente da sotto e da sopra del pistone, trasmette un moto rettilineo di va-e-vieni ad un molinello, che è obbligato a scorrere in una scanalatura rettilinea orizzontale o verticale, come nella fig. 66, e questo moto rettilineo alterno è trasformato col mezzo della biella in un moto circolare continuo della manuella, e quindi dell'asse principale del meccanismo.

496. Egualmente nelle macchine a vapore a bilanciere (fig. 66 bis) questa medesima azione del pistone produce il moto circolare alterno del bilanciere, che lo trasforma in un moto circolare continuo della manuella, e dell'asse del volante.

497. Queste sono le differenti disposizioni di queste due ultime trasmissioni, che stabiliscono la distinzione delle macchine a vapore sotto la denominazione di macchine a bilanciere, e macchine a movimento diretto.

## DISEGNO DEL PARALLELOGRAMMO DI WATT.

498. I bilancieri delle macchine a vapore sono muniti di un meccanismo detto parallelogrammo, destinato a condurre il fuso del pistone in una direzione rettilinea alterna sensibilmente verticale.

Non considerando che le linee degli assi de' pezzi, an-

dremo a determinare geometricamente i centri ed i punti di unione delle principali parti di cui è composto.

499. Sia A (fig. 75) la projezione verticale del punto di rotazione del bilanciere, rappresentato dalla linea dell' asse AC nella posizione la più elevata.

L' estremità C del bilanciere descrive intorno al suo centro l'arco del cerchio CC' C', di cui la corda è eguale al doppio del raggio della manuella, che regola nel medesimo tempo la corsa del pistone nel cilindro.

Se dal mezzo della freccia si tira la verticale DD', faremo vedere che il punto D' estremità del fuso del pistone che è nella stessa direzione, non se ne allontanerà nelle tre principali posizioni del bilanciere.

Il punto di sospensione delle unioni del bilanciere deve trovarsi nel mezzo del raggio AC; è che perciò si divide questa lunghezza in due parti eguali al punto E, e CE è uno de' maggiori lati del parallelogrammo, una delle piccole unioni deve avere il suo estremo inferiore, sulla verticale DD', ed unirsi all'estremità del lato maggiore; di più la sua lunghezza eguaglia il raggio della manuella: descrivendo dal punto C e con questo raggio l'arco di cerchio che viene a tagliare la verticale DD' al punto G, e tirando la linea CG essa esprimerà la lunghezza del lato minore; si conoscono i due lati del parallelogrammo, ed è facile costruirlo; si tirano perciò da'punti E e G delle parallele EF e GF a'lati trovati CE e CG.

Resta ora a determinare la posizione del centro fisso H intorno al quale si muovono le guide I che sono unite ad articolazione al punto F del parallelogrammo. Ora questo centro deve trovarsi sulla verticale DD', e di più è distante generalmente da F di una lunghezza eguale alla metà del raggio del bilanciere; descrivendo dunque dal punto F come centro col raggio CE un'arco di cerchio,

il punto H dove quest' arco taglia la verticale DD' è il centro fisso domandato.

Se vogliamo avere la posizione del parallelogrammo nella posizione in mezzo AC' del bilanciere, osserveremo che il punto E descrivendo il suo arco intorno del centro A è venuto in E', e che il punto F si è situato sull'orizzontale HF', posizione del punto F, che intanto è stata determinata descrivendo dal punto E' con un raggio eguale ad EF un'arco di cerchio che è venuto a tagliare in F' l'arco che descrive l'unione I intorno al suo centro H. Il punto C essendo venuto in C', la linea C'E' rappresenterà il lato maggiore del parallelogrammo; in quanto al punto G è disceso sulla verticale DD' in G ad una distanza eguale all'unione CG; avendo in tal modo i due lati, si designeranno gli altri due e si sarà determinata la nuova posizione del parallelogrammo: si determinerebbe anche facilmente una qualunque altra posizione.

Si osserverà tuttavia che la verticalità del fuso del pistone non esisterà, che per quanto l'arco percorso dal bilanciere non oltrepasserà i 40.° Watt dà le dimensioni seguenti: la distanza di centro a centro degli orecchioni estremi del bilanciere eguale tre volte la curva del pistone, o eguale alla lunghezza della biella; il lato maggiore del parallelogrammo eguale alla metà del raggio del bilanciere, ed il lato minore eguale alla metà della corsa del pistone.

500. Per le macchine da disseccare acqua, il bilanciere (fig. 76) ha per lo più la forma di un settore, sullo sviluppo del quale sono situate delle catene unite nello stesso tempo a' fusi de' pistoni, che possono essere guidati nella loro lunghezza con de' molinelli: il moto alterno circolare del bilanciere, si trova trasformato in un moto rettilineo alterno de' fusi.

501. Facendo girare la ruota A nell' interno della doppia ruota B, congiungendo il suo centro ( fig. 77 ) ad articolazione con un fuso C, questo riceverà un moto verticale alterno.

502. Nelle fucine i ferri si lavorano sotto l' azione dei magli; si vede fig. 81 la disposizione della ruota a chiavelli, che riceve direttamente il suo moto di rotazione continuo da una ruota idraulica; ogni volta che uno dei chiavelli va a colpire lo estremo del maglio, quest' ultimo mobile intorno al suo centro bilica da basso, ma tostocchè il chiavello lo lascia, ricade con tutto il suo peso coll' altro suo estremo per battere il ferro sull' incudine; e la distanza de' chiavelli sul perimetro della ruota, è combinato perchè un secondo chiavello venghi a premere sul maglio, tostocchè ha battuto.

503. Queste due disposizioni rappresentano la trasformazione di un moto circolare continuo, in un moto circolare alterno.

504. Il moto circolare dell'eccentrico, si comunica ai tiratoj delle macchine a vapore con una spranga curva ( fig. 61 ), che l'abbraccia liberamente e che agisce all' altro estremo sopra una leva a ginocchio.

# CAPITOLO XVI.

## MACCHINE DIVERSE.

### MARTINETTO SEMPLICE.

505. Determinare il peso e la resistenza che può vincere un martinetto semplice (fig. 79).

*Regola*. Moltiplicate la potenza applicata all'estremo della manuella pel rapporto del raggio della manuella a quello del rocchetto, e pel rapporto del raggio della ruota al raggio del rocchetto, il prodotto è il peso che il martinetto può sollevare, fatta astrazione alla perdita di forza dovuta all'attrito.

ESEMPIO.

Sia un martinetto semplice, di cui il raggio della manuella è a quello del rocchetto come 5 : 1, il rapporto del raggio del rocchetto a quello della ruota come 6 : 1, la potenza applicata all'estremo della manuella 30.$^{k}$, determinare la resistenza che il martinetto può sollevare.

$$30 \times 5 \times 6 = 900.^{k} \text{ peso domandato.}$$

### MARTINETTO DOPPIO.

506. Per trovare la potenza di un martinetto doppio, che non è altro che un martinetto semplice con un doppio ingranaggio, si segue la stessa regola; moltiplicando inoltre pel nuovo rapporto numerico, se nell'esempio precedente si aggiunge un nuovo ingranaggio nel rapporto di 8 : 1 (fig. 80) la formola diventa:

$$30 \times 5 \times 6 \times 8 = 7200.^{k} \text{ peso domandato.}$$

507. Perciò la regola generale che è stata data precedentemente § 285 per la trasmissione di una data potenza, dalla combinazione di diverse leve, riceve la sua intera applicazione per calcolare la forza trasmessa da una combinazione d'ingranaggi, giacchè i raggi delle ruote non sono altro che leve; e questa regola può riassumersi così, nell'asse nella ruota, ne' martinetti, ed altre macchine.

*Regola.* La potenza è alla resistenza come il prodotto de' raggi de' rocchetti, al prodotto de' raggi delle ruote.

Ma questo principio puramente teorico si modifica in pratica, e diventa meno vantaggioso a causa delle perdite risultanti dagli attriti, ed altre resistenze nocive, che assorbiscono $^1/_3$ ed alcune volte la metà della potenza.

### STRETTOJA A CUNEO.

508. Sia ( fig. 78 ) una strettoja a cuneo così chiamata, poichè essa consiste in un cuneo tronco che scorre tra due blocchi, di cui uno è fisso e l'altro è mobile, per trasmettere l'azione contro la sostanza a comprimere.

La resistenza a comprimere $= 1800.^k$

La testa del cuneo $= {}^1/_{30}$ della lunghezza de' lati.

Il cuneo perfettamente liscio, scorre in una parte egualmente molto liscia, il coefficiente = 3 § 322, trovare qual'è la potenza che bisogna applicare al cuneo.

$$P = \frac{1800 \times 1}{30} = 60, \text{ e}$$

$$\therefore 60.^k \times 3 = 180.^k \text{ sforzo da esercitare.}$$

### DELLE TROMBE.

509. Si distinguono due specie principali di trombe: Le trombe *aspiranti*, e le trombe *aspiranti e prementi*, o semplicemente *prementi*.

510. La tromba aspirante in generale si compone di un cilindro (fig. 82) perfettamente barenato internamente, per ricevere a stropicciamento un pistone munito di due valvole, che possono aprirsi da basso in alto.

Al basso di questo cilindro chiamato corpo della tromba, è fissato un tubo detto di aspirazione, che munito di una valvola alla sua unione col cilindro si prolunga di basso in alto, e la sua parte inferiore terminata a forma d'imbuto, s'immerge in un serbatojo.

Qualora un colpo di bilanciere fa rialzare il pistone da basso in alto, si aspira l'aria rinchiusa nel tubo di aspirazione. Dopo varî colpi il vuoto si fa in questo tubo, e per virtù della pressione atmosferica che preme sul livello dell'acqua del serbatojo, l'acqua tende ad alzarsi nell'interno del tubo aspiratore ad una altezza di 10.$^m$33, o 32 piedi circa. Ma siccome il vuoto è difficilissimo farsi completamente nel tubo di aspirazione, la quantità di aria che vi risiede si oppone all'ascensione completa dell'acqua, e nelle migliori trombe la sua elevazione non oltrepassa 28 a 30 piedi; questa è la maggiore altezza che deve darsi al tubo di aspirazione dal livello dell'acqua, fino al basso del corpo della tromba.

Il vuoto essendo fatto nel tubo di aspirazione e l'acqua essendovisi alzata, occupa tutto lo spazio tra il livello del serbatojo ed il di sopra del pistone; in questa ascensione la valvola inferiore del corpo della tromba si è aperta dalla spinta del liquido dal basso in alto. Facendo ridiscendere il pistone, l'acqua che si trova nel corpo della tromba, chiude questa valvola da alto in basso, e siccome l'acqua trovasi compressa dalla discesa del pistone, essa si eleva dalle valvole di quest'ultimo al di sopra del pistone, e scappa via dallo sboccatojo. Quando la tromba è in tal modo alimentata, l'ascensione dell'acqua si continua colla manovra del bilanciere.

Per una tromba da nuovo costruita, bisogna dare molti colpi del bilanciere prima di ottenere lo getto; ma quando la tromba è usata giornalmente, essa conserva dell'acqua, ed al primo colpo del bilanciere scappa dallo sboccatojo.

### TROMBA ASPIRANTE E PREMENTE.

511. Questo sistema di trombe è generalmente impiegato per alzare l'acqua ad una grande altezza. Ne'casamenti alti la tromba aspirante e premente, serve ad alzare l'acqua a'piani superiori.

Questa tromba (fig. 83) differisce dalla prima, da che il pistone è pieno senza valvole. Lo sboccatojo è situato al basso del corpo della tromba, e prende il nome di tubo di compressione. Vi è sempre una valvola che si apre da basso in alto all'unione del tubo di aspirazione col corpo della tromba, e questo tubo è terminato anche con una tromba d'inaffiatojo dalla parte di basso, per lasciare il passaggio all'acqua. All'unione laterale del tubo di compressione col corpo della tromba, si trova una valvola che si apre da dentro in fuori. Quando per la manovra del bilanciere il vuoto è stato fatto nel tubo di aspirazione, e che l'acqua vi si è alzata fino al di sopra del pistone, che occupa allora la parte più elevata del corpo della tromba; l'acqua allorchè si abbassa, questo pistone preme sulla valvola di aspirazione e la fa chiudere. Ma essa preme nello stesso tempo, sopra tutta la parete del corpo della tromba, e fa aprire la valvola di compressione nella quale si eleva ad una certa altezza; continuando questa manovra il livello dell'acqua si eleva sempre più nel tubo di compressione, alla parte superiore del quale essa finisce per colarsene, qualunque ne sia l'altezza. Ma in questo sistema il corpo della

tromba non deve mai essere situato al di là di 30 piedi dal livello del pozzo; è in tal modo che si dispongono nelle mine per i disseccamenti.

### TROMBA PREMENTE.

( fig. 84 ).

512. Per questo sistema il corpo della tromba s'immerge in una vasca di acqua. Tiene nella parte inferiore una valvola, o pure è forata da una serie di buchi, affinchè sollevando il pistone, l'acqua prenda il suo livello nel corpo della tromba. Verso il basso di quest'ultimo è situata lateralmente la valvola di compressione, che si apre colla pressione dell'acqua allorchè discende il pistone, e dà accesso all'acqua per elevarsi nel tubo di compressione.

Queste trombe servono agli inaffiamenti de'giardini e delle strade; le trombe d'incendio sono di questo sistema, e portano generalmente due corpi di tromba.

513. Ne'diversi sistemi di trombe che veniamo di parlare, l'uscita dello getto si regolarizza, e diventa continua collo impiego di un serbatojo di aria.

L'acqua in vece di elevarsi immediatamente nel tubo dello sboccatojo, entra in un recipiente pieno di aria, e munita da basso di una valvola che si apre dall'alto in basso (fig. 85). Quando l'acqua giunge in questo serbatojo, l'aria che essa comprime alla parte superiore, reagisce colla sua tensione sul livello dell'acqua che non potendo ridiscendere a causa della valvola che tende a chiudere, si eleva nel tubo dello sboccatojo. La tensione dell'aria compressa fa che l'uscita dello getto è continua, in vece di essere intermittente. Sopra questo principio

sono stabilite le trombe d'incendio; i due corpi di tromba comunicano alternativamente col serbatojo di aria, per iscapparsene in un getto continuo.

## CALCOLO DELL'EFFETTO UTILE DELLE TROMBE.

514. Il travaglio utile delle trombe è eguale al peso della colonna di acqua elevata in un'oscillazione, moltiplicata per l'intera altezza a cui viene elevata l'acqua.

515. In una tromba aspirante l'altezza della colonna di acqua, misura la distanza del livello superiore dell'acqua nel serbatojo allo sboccatojo.

516. In pratica non bisogna ordinariamente contare che sopra i $^3/_4$ del travaglio motore per l'effetto utile, lo che ci conduce alla seguente:

*Regola.* Moltiplicate il peso della colonna di acqua generata in un'oscillazione del pistone, per l'altezza compresa tra il livello dell'acqua nel serbatojo e quello dello sboccatojo, il prodotto esprimerà l'effetto utile della tromba, e questo moltiplicato per 1.33 esprimerà il travaglio motore che bisogna impiegare.

### ESEMPIO.

Calcolare l'effetto utile di una tromba aspirante, di cui il pistone ha $0.^{m}24$ di diametro, con una corsa di $0.^{m}15$. Lo sboccatojo trovandosi a 10 metri al di sopra del livello del pozzo, ed il pistone facendo 25 oscillazioni per minuto.

Superficie del pistone

$$0.7854\times(0.^{m}24)^2 = 0.^{mq}0451.$$

Peso del volume di acqua elevata per colpo di pistone $= 0.^{mq}0451\times0.15\times1000 = 6.^{l}75$, o $6.^{lit}75$, e $6.^{lit}75$

$\times$ 25 = 168.^l 75 per minuto, e 168.75$\times$60 = 10125.^lit, o 10.^mc 125 per ora

Travaglio utile = 6.^k 75 $\times$ 10.^m = 67.5

Travaglio motore = 67.5$\times$1.33 = 89.^km 775, o 1 cavallo vapore 2 (1).

517. Conoscendo la quantità di acqua da alzare per ciascun colpo di pistone, diviene facile dandosi la corsa determinare il diametro del pistone.

*Regola.* Moltiplicate il volume di acqua speso in ciascun colpo di pistone pel coefficiente 1.273, poi dividete per la corsa e per 1000, e la radice quadrata del quoziente darà il diametro domandato.

ESEMPIO.

Nell'esempio precedente, dove il peso della colonna di acqua per oscillazione o per colpo di pistone = 6.^k 75, si ottiene :

$$D = \sqrt{\frac{6.75 \times 1.273}{0.15 \times 1000}} = 0.^{m}24 \text{ diametro del pistone.}$$

## SIFONE.

518. Il *sifone* che ha per oggetto di travasare i liquidi, e nelle mine servire al travaglio di disseccamento, è fondato sulla pressione atmosferica.

519. Questo apparecchio si compone di un tubo ricurvo a due rami, immergendosi ciascuno in due vasi differenti ( fig. 86 ).

Se si vuole travasare il liquido contenuto nel vaso A per farlo colare nel vaso B, si fa il vuoto nel tubo ri-

---

(1) *Un cavallo vapore equivale ad un travaglio di 75 kilogrametri per secondo.*

curvo ; il liquido si eleva allora pel ramo *h* e cola con continuità pel ramo *h'* nel vaso B.

Ma la manovra del sifone è soggetta a diverse condizioni.

Per lo che una volta fatto il vuoto nel tubo ricurvo l'acqua si eleva per l'orificio *c* nel ramo verticale per virtù della pressione atmosferica, bisogna che questo ramo *h* non abbia giammai un'altezza di più di 32 piedi, o 10 metri.

Di più siccome la pressione atmosferica preme sull'orificio *d*, per opporsi al colamento dell'acqua bisogna che l'altezza *h'* sia maggiore di 32 piedi.

Si conchiude da ciò che il colamento per aver luogo, bisogna che il livello del primo vaso sia più elevato del livello del secondo.

Il vuoto può farsi dall'aspirazione, ma si ottiene generalmente praticando un'apertura nell'alto del tubo riempiendo di acqua i due rami con un imbuto *n*, dopo di avere avuto l'accortezza di bene otturare gli orificî di uscita; indi si chiude quest'apertura ed il colamento cominciato continua.

### PRESSA IDRAULICA.

520. La *pressa idraulica* è basata sul principio seguente : la pressione de' liquidi situati nello interno de' vasi è proporzionale alla superficie. Se si ha un qualunque vaso contenente de' liquidi ad una certa altezza, e che si situa sopra questo liquido un disco carico di pesi che lo covre perfettamente, ammettendo che la pressione sul disco sia di 5.k per centimetro quadrato, per esempio, questa pressione si ripartirà egualmente su tutta la parete del vaso a ragione di 5.k per centimetro quadrato. Se

dunque si pratica un' orificio in un punto qualunque della parete di una superficie, eguale a 60 centimetri quadrati, la pressione del liquido sopra questa superficie sarà eguale a $60 \times 5 = 300.^k$, e questo principio che si estende a' vasi in comunicazione, riceve la sua applicazione nella pressa idraulica.

521. L'effetto utile delle presse idrauliche comprende; 1.° il vantaggio idrostatico; 2.° il vantaggio meccanico, ed il loro prodotto moltiplicato per la forza applicata, costituisce la forza della pressa: se la superficie del piccolo pistone è alla superficie del grande come 1 : 70, il vantaggio idrostatico in virtù della pressione de' liquidi, sarà eguale a 70 volte.

522. Il vantaggio meccanico dipende dal rapporto tra i bracci della leva, che mettono il più piccolo pistone in movimento; se la lunghezza del braccio di leva al quale si applica la forza è 10 volte quella del secondo, il vantaggio meccanico sarà 10. Ora se la forza applicata alla estremità della leva è di $60.^k$, la forza totale della pressa idraulica sarà di $70 \times 10 \times 60 = 42000.^k$; tal' è la forza che il gran pistone trasmetterà al disco che deve esercitare la pressione.

523. Si calcolerà sempre la forza di una pressa idraulica colla seguente:

*Regola.* Moltiplicate la forza applicata pel prodotto de' vantaggi meccanico ed idrostatico; il risultato sarà la pressione che il disco deve esercitare.

ESEMPIO.

Sia una pressa idraulica ( fig. 89 ) destinata a premere de'sacchi di polpa di barbabietola, determinare la sua forza secondo i dati seguenti:

Il diametro del pistone piccolo $= 0.^{m} 03$;

Il diametro del gran pistone $= 0.^{m} 6$;

La lunghezza del piccolo braccio di leva $= 0.^{m} 15$;

La lunghezza del gran braccio di leva $= 3.^{m} 6$;

La forza è applicata all'estremo di questa grande leva da due uomini, che riuniti presentano uno sforzo di $70.^{k}$;

Il vantaggio idrostatico è come il rapporto tra le superficie del grande e del piccolo pistone $= \frac{400}{1}$

Il vantaggio meccanico è dato dal rapporto.

$$\frac{3.^{m} 6}{0. 15} = \frac{24}{1}$$

$70 \times 400 \times 24 = 672000.^{k}$ pressione totale esercitata sul gran disco.

### VITE DI ARCHIMEDE.

524. La *Vite di Archimede* è una macchina che come le trombe è destinata ad elevare l'acqua; essa si compone di un'anima piena, traversata da un asse, e circondata da una camice cilindrica che lascia tra essa e l'anima uno spazio intermedio, nel quale sono disposte due spirali, formando tramezzo a spirale sul contorno dell'anima.

L'acqua sale nell'interno della vite, perchè facendo girare questa, l'acqua discende lungo il tramezzo spirale, e viene a prendere il suo livello orizzontale nel tramezzo superiore, lo che l'eleva per ciascuna rivoluzione di una quantità eguale al pane della spirale; ma perchè questo effetto abbia luogo, bisogna che l'angolo formato da una tangente orizzontale alla spirale coll'asse della vite, sia maggiore dell'angolo formato dall'asse ed il piano orizzontale; cioè a dire, che nel caso più favorevole i canali elicoidi formati da' tramezzi che sono al numero di tre, hanno un pendio sull'asse, tale che la tangente alla spirale faccia con quest'asse un'angolo di $60.^{\circ}$ a

a 63.°, o di ( 67.° a 70.° centesimali ), e che l'asse è inclinato di 31.° a 40.° o di ( 35.° a 45.° centesimali) Vedi fig. 90 (1).

525. Le dimensioni generalmente date alle viti di Archimede sono le seguenti : il diametro della camice è $^1/_{12}$ circa della lunghezza della vite, e l'anima è $^1/_3$ di questo medesimo diametro.

526. Il travaglio teorico di equilibrio della vite di Archimede, è dato per una rivoluzione come segue :

P essendo lo sforzo motore, ed R il raggio della manuella, il travaglio motore sarà espresso da $P \times 2\pi R$. Il volume dell'acqua alzata essendo V, il suo peso sarà 1000 V, e l'altezza o pane della spirale essendo H, il

---

(1) *Questa macchina ha dato l'idea di applicare ai battelli a vapore la vite propellente, sopprimendo le ruote a palette. Applicata la vite di Archimede ad elevare le acque, facendo questa da resistenza e l'asse intorno a cui rivoluziona da punto di appoggio; si è opinato che situando la vite in un luogo della parte immersa del bastimento più convenevole alle circostanze inerenti alle navi ( al pari del remo ) l'acqua facendo da punto di appoggio, ed il battello da resistenza, si è ottenuto d'imprimergli una velocità, per altro non ancora soddisfacente. Che se l'esperienza sempre più perfezionando l'invenzione, giungerà a migliorar l'apparecchio, onde potersi ottenere una velocità almeno di 12 miglia l'ora con qualunque tempo, ed ovviando inoltre i tanti inconvenienti che l'attuale meccanismo presenta, si potrà dire che l'applicazione della vite al moto de' bastimenti, è stata una delle speculazioni che più onora l'ingegno umano.*

travaglio teorico sarà 1000 VH, e la relazione di equilibrio sarà $P \times 2 \pi R = 1000$ VH. Ma in pratica il secondo membro della formola per una potenza $P \times 2 \pi R$, dev'essere moltiplicato per un coefficiente 0.50, cioè a dire, che l'effetto utile prodotto non è che $0.50 \times 1000$VH, o metà circa dell'effetto teorico; questa perdita è dovuta alle diverse resistenze nocive che si hanno a vincere.

Intanto situando la manuella sopra un'asse intermedio orizzontale, di cui il moto si comunicherebbe all'asse inclinato per mezzo dell'articolazione generica o rotta, il rapporto del travaglio utile o motore, diventa 0.75 in vece di 0.50 come le buone macchine idrauliche.

## CAPITOLO XVII.

### DELLE RUOTE IDRAULICHE.

527. Per misurare la velocità dell'acqua in un canale di cui la corrente è uniforme, si fa uso di un flottante, che è un disco di quercia di 30 millimetri circa di diametro, che si butta alla superficie dell'acqua, un poco allo in sù del punto di partenza, affinchè la regolarità del suo cammino si stabilisca; indi si stima con un oriuolo il tempo che questo flottante impiega a percorrere uno spazio determinato; si divide allora questa lunghezza pel numero di secondi, ed il quoziente esprime la velocità della corrente per secondo.

ESEMPIO.

Supponiamo che il disco abbia percorso 74 metri in 35 secondi:

$\frac{74}{35} = 2.^{m}1$ velocità della corrente.

528. Se la velocità non è la stessa in tutta la lunghezza del canale, s'impiega per determinarla in un designato luogo un verricello o una ruota leggerissima di latta, di cui le palette tuffano debolmente nell'acqua; indi si moltiplica il numero di rivoluzioni che fa in un minuto colla sua circonferenza media, che corrisponde nel mezzo delle palette; il prodotto esprime allora lo spazio percorso in un minuto, e dividendo per 60, si ha la velocità della corrente per secondo.

Così supponendo che il numero di rivoluzioni della ruota sia eguale a 120 in un minuto, e che la circonferenza media della ruota eguale ad 1.$^{m}$ 5, la velocità per secondo $= \frac{120 \times 1.5}{60} = 3$ metri.

529. Qualora un corpo è posto in moto dall'azione di due forze formando un'angolo dato, e rappresentato in grandezza dalle intensità *ab ac* (fig. 87), se si costruisse sopra queste lunghezze un parallelogrammo, la sua diagonale *ad* esprimerà non solamente la direzione che seguirà il mobile, ma anche la grandezza dell'impulso che gli viene comunicato. Le forze di cui le intensità esprimono il rapporto comparativo, sono dette allora componenti, e la diagonale prende il nome di risultante.

530. Questo principio che è d'altronde applicabile ad un numero qualunque di forze formando angolo tra esse, e ricondotto a due forze equivalenti alla loro somma, si generalizza così: quando un mobile è sollecitato da due forze, o è animato da due velocità, secondo un'angolo dato, la sua direzione e la sua forza impulsiva o la sua velocità, saranno espresse dalla diagonale del parallelogrammo costruito sulle intensità delle forze o delle sue velocità.

Il sistema di alare impiegato per risalire la corrente de' fiumi è un'applicazione di questo principio; degli uomini o de' cavalli situati sopra ciascuna riva (fig. 88), sono attaccati a delle gomone, o catene che si fissano al battello, e lo forzano a risalire in linea retta la corrente del fiume.

531. L' altezza o la caduta totale di un corso di acqua in una fucina, è l'altezza del livello superiore nel serbatojo allo in sù o al punto di origine del fiume, al di sopra del livello dell'acqua, nel canale di acqua perduta; deduzione fatta del pendìo che si dà al canale tra questi due punti; ma si chiama altezza disponibile, la grossezza della lamina di acqua dopo il livello superiore, fino al centro dell'orificio della cateratta o del risciacquatojo.

532. La forza totale di un corso di acqua, è il prodotto del peso dell' acqua che esita colla caduta totale. Sia $q$ il volume di acqua esitato, $1000q$ sarà il suo peso, e $1000\,q\,\mathrm{H.}^{\mathrm{km}}$ esprimerà il suo travaglio assoluto; questo travaglio espresso in kilogrametri, sarà dato per forza di cavalli vapore con la nuova formola $\frac{1000\,q\,\mathrm{H}}{75}$.

**ESITO PER UNA CATERATTA.**

533. Teoricamente l'esito dell'acqua di un'orificio di cateratta, per esempio, si determina dal prodotto della superficie dell'orificio moltiplicando la velocità dovuta all'altezza della caduta che non è altro che il peso dell'acqua al di sopra del centro dell'orificio.

In tal modo sia A la sezione di un'orificio di base $= a$, e di altezza $= h$, ed H la distanza del livello superiore al centro dell'orificio (fig. 92). L'esito teorico sarebbe $A \times V$; ora $V = \sqrt{2gH}$, ed essa diventa $D = A \times \sqrt{2gH}$.

Ma bisogna osservare che l'acqua scappandosene dall'orificio A, si contrae sulle quattro facce di quest'orificio: ne risulta una specie di accorciamento che si oppone a ciò che l'acqua scappando via, possiede la velocità V della corrente, e l'esito praticato è diminuito proporzionalmente alla contrazione che si opera sulle facce dell'orificio. Ora il coefficiente che deve proccurare il vero esito pratico varia con l'altezza del peso di acqua, ma è intanto generalmente compreso tra 0.6, e 0.7; il coefficiente o moltiplicatore 0.6 è impiegato per grandi pesi, e 0.7 pe'pesi piccoli; l'esito praticato per ciascuno di questi casi, sarebbe dunque $D = 0.6$, o $0.7 A \sqrt{2gH}$.

534. Ma l'esito pratico si avvicina tanto più all'esito teorico, per quanto si ha cura di diminuire gli attriti e la contrazione dell'acqua sulle facce dell'orificio. Egualmente per le ruote da sotto, che sono incassate in un corso, e di cui l'orificio è determinato dall'apertura della cateratta, si prendono per la *cateratta* ed il *corso* le seguenti disposizioni; poichè l'esito o il volume di acqua scorso in un tempo dato dipende dal più o meno attrito dell'acqua lungo le pareti, e della contrazione dell'acqua all'orificio, si diminuirà la perdita dovuta all'attrito facendo il corso lo più corto possibile, e situando la ruota del tutto vicina al serbatojo, lo che si ottiene inclinando la eateratta fin sotto la ruota.

Si diminuirà la contrazione dell'acqua sul fondo dell'orificio della cateratta, disponendo il fondo dell'orificio e quello del corso nello stesso prolungamento; si eviterà la contrazione de'lati del foro o dell'orificio situando la cateratta AB avanti la faccia interna CD del serbatojo ad una distanza EF eguale ad una volta, o una volta e mezzo la sua larghezza orizzontale AB; si fa $CD = \frac{5}{4} AB$, e si accorda con degli archi di cerchio tangenti i laterali del corso col serbatojo (fig. 93).

Bisogna anche dare al serbatojo una superficie di sezione trasversale, eguale a 10 o 12 volte quella della più grande apertura della cateratta, ed egualmente dare al canale di acqua perduta, una lunghezza maggiore di quella del corso sulla ruota.

Con tutte queste precauzioni non vi sarà più contrazione, se non se quella sulla faccia superiore dell'orificio, ed il coefficiente dell'esito, secondo Poncelet, sarà = 0.70 per de'pesi di 0.$^{m}$ 80 a 2 e 3 metri, supponendo la cateratta verticale; questo moltiplicatore diventa 0.75, se la cateratta è inclinata ad 1 di base sopra 2 di altezza, ed in fine eguale a 0.80, se l'inclinazione della cateratta è portata ad 1 di base sopra 1 di altezza.

Cioè a dire, che l'esito in quest'ultimo caso per esempio, sarà espresso da $D = 0.80 \times A \sqrt{2gH}$, H essendo l'altezza o la grossezza della lamina di acqua fino al centro dell'orificio, di cui la superficie è A.

ESEMPIO.

Determinare la quantità di acqua scorsa dall'orificio di una cateratta, di cui la superficie risultante dal prodotto della lunghezza dell'orificio per la sua larghezza = 0.$^{mq}$ 525; la grossezza della lamina di acqua al centro dell'orificio è eguale a 0.$^{m}$ 08; e la cateratta è supposta verticale (la contrazione essendo evitata sopra i tre lati).

L'esito $D = 0.70 \times 0.^{mq}\,525 \times V$.

Ora $V = \sqrt{2gH} = 1.^{m}\,30$.

Dunque l'esito per secondo = 0.$^{mc}$ 478.

Il peso dell'acqua esitata si determina moltiplicando 0.$^{mc}$ 478 per 1000, e diventa 478.$^{k}$ o litri per secondo.

### ESITO PER UN RISCIACQUATOJO.

535. L'esito teorico di un risciacquatojo, si ottiene moltiplicando la larghezza del risciacquatojo per l'altezza dell'acqua al di sopra dello sgorgamento, e per la velocità dovuta a quest'altezza (fig. 91).

Così la larghezza del risciacquatojo essendo eguale a o.$^{m}$ 8 e l'altezza H = o. 35.

La superficie = o. 8 × o. 35 = o.$^{mq}$ 28.

L'esito teorico = o.$^{mq}$ 28 × V. Ora V è la velocità dovuta alla altezza H ed eguale $\sqrt{2gH}$ = o.$^{m}$ 83, così l'esito D = o.$^{mq}$ 28 × o.83 = o.$^{mc}$ 232; ma in pratica questo esito è minore, e dev'essere moltiplicato per un coefficiente eguale a o.39, allorchè la grossezza della lamina di acqua è di o.$^{m}$ 20 e al di sopra, e che è di o.415 allorchè questa grossezza è da sotto; così nel caso che noi consideriamo, l'esito pratico reale D = o.39 × o.$^{mc}$ 232 = o.$^{mc}$ 090, 90 litri per secondo.

### RUOTE VERTICALI A PALETTE O AD ALI PIANE, MOSSE DA SOTTO.

536. Queste ruote a malgrado l'enorme perdita di forza risultante dalla loro costruzione, sono ancora le più generalmente impiegate, a causa della loro semplicità e dell'autorità della rutina. Esse si compongono di diverse unioni circolari (fig. 94) di legname, sostenute da varî bracci riuniti sull'asse che abbracciano esteriormente; delle ali a palette di legname, sono situate sulla circonferenza e fissate sul prolungamento de' bracci, o sopra de'sostegni riuniti, o ne'quarti della ruota. Queste palette hanno ordinariamente o.$^{m}$ 30 a o.$^{m}$ 40 di lunghezza nel senso del raggio, e sono separate esternamente di

$0.^m 30$ a $0.^m 40$. La lunghezza parallela all'asse dipende da quella del corso. Questo corso descritto dal centro della ruota con un raggio più grande di 1 a 2 centimetri incassa esternamente le ali, e non vi è sul fondo e su'lati che un gioco per la ruota $= 0.^m 01$ a $0.^m 02$ al più.

Il pendìo del canale varia da $^1/_8$ ad $^1/_{15}$ della lunghezza del corso. La grossezza della lamina di acqua, che esce dalla cateratta, non dev'essere che di $^1/_3$ o di $^1/_4$ dell'altezza delle ali nel senso del raggio.

Per ottenere il maggiore effetto utile in queste ruote, si dà al corso la forma precedentemente data, e s'inclina la cateratta fin sotto la ruota per diminuire l'effetto della contrazione della vena fluida; in fine s'inclinano anche le palette piane di un'angolo di $25.^\circ$ a $30.^\circ$, per diminuire l'urto dell'acqua sulle ali, e si pratica un poco in sotto della verticale, che passa per l'asse della ruota un'elasticità di $0.^m 20$ a $0.^m 25$ per facilitare lo sgorgo dell'acqua.

537. L'esperienza prova che la velocità più favorevole della ruota comparata a quella dell'acqua, deve esserne i $^4/_{10}$.

Conoscendo dunque la velocità V dell'acqua eguale, per esempio a $3.^m 10$ dovuta siccome precedentemente si è veduto all'altezza del peso di acqua, si determinerà la velocità V della ruota al massimo, prendendo i $^4/_{10}$ o $^2/_5$ di $3.^m 10 = 1.^m 24$.

538. La larghezza dell'orificio della cateratta, si ottiene dalla formola:

$$l = \frac{D}{0.70\, h \times V}$$

Ora ammettendo che $D = 0.^{mc} 750$, $h = 0.^m 15$, e V dovuta alla caduta totale $H = 3.^m 10$, ed effettuendone i calcoli si ottiene.

$$l = \frac{0.^{mc} 750}{0.70 \times 0.15} \times 3.^m 10 = 2.^m 33.$$

539. Si determinerà ancora il raggio delle ruote mosse da sotto, a palette piane ed a palette curve, dandosi il numero di giri, che la ruota deve fare in un minuto colla formola $R = \frac{9.549 \times V}{n}$, dove R è il raggio della ruota, V la sua velocità, ed $n$ il numero di giri per minuto. Il diametro delle ruote mosse da sopra, si determina col mezzo della caduta, come si vedrà in appresso.

ESEMPIO.

Qual' è il raggio di una ruota mossa da sotto, di cui la velocità $V = 1.^{m} 24$, e che fa 15 giri per minuto?

$$R = \frac{9.549 \times 1.^{m} 24}{15} = 0.^{m} 79.$$

540. Conoscendo il raggio della ruota, si troverebbe il numero di giri, che essa deve fare in un minuto colla formola $n = \frac{60 \times 1.^{m} 24}{6.28 \times 0.79} = 15$ prendendo i dati precedenti.

541. Le ali debbono essere separate di $0.^{m} 30$ sulla circonferenza, il loro numero è dato dalla seguente:

*Regola.* Dividete la circonferenza della ruota per $0.^{m} 30$ il quoziente esprimerà il numero delle ali piane.

Per la ruota del raggio $= 0.^{m} 79$ la sua circonferenza essendo $4.^{m} 96$ essa porterà $\frac{4.^{m} 96}{0. \ 30} = 16$ ali circa.

## CALCOLO DELL' EFFETTO UTILE DELLE RUOTE AD ALI PIANE.

542. Rappresentando con P la pressione dell'acqua al centro delle palette, e con $v$ la velocità della ruota, il travaglio utile della ruota sarà espresso da $P v = 210$ DH, D essendo l'esito pratico, ed H l'altezza del peso; questa

formola è applicata per le antiche ruote mal costruite, ma essa diventa $P\, v = 300$ DH per le ruote ad ali stabilite nelle condizioni favorevoli dettagliate precedentemente per la cateratta ed il corso.

543. Comparando ciascuna di queste formole col travaglio assoluto dell'acqua, che è espresso da $P\, v = 1000$ D H, si vede che il rapporto dell'effetto utile all'effetto assoluto, nel caso di una ruota malamente stabilita è eguale $\frac{210}{1000} = \frac{1}{5}$ circa, e che per una ruota costruita nelle migliori disposizioni, questo rapporto diventa $\frac{300}{1000}$ o quasi $\frac{1}{3}$.

ESEMPIO.

Qual'è l'effetto utile di una ruota mal costruita supponendo un'esito di $0.^{mc}\,750$ per secondo, ed un peso eguale ad $1.^{m}\,2$?

$$P\, v = 210 \times 0.^{mc}\,750 \times 1.^{m}\,2 = 189.^{km},\ \text{o}\ \frac{189^{km}}{75} =$$

2 cavalli vapore 52.

Qual'è l'effetto utile della stessa ruota, ma bene stabilita?

$$P\, v = 300 \times 0.^{mc}\,750 \times 1.^{m}\,2 = 270.^{km},\ \frac{270.^{km}}{75} = 3$$

cavalli vapore 6.

Reciprocamente, conoscendo l'effetto utile di una ruota ad ali ben costruita, si può determinare il suo esito di acqua per secondo colla formola $D = \frac{N \times 75}{300 \times v}$, e nell'esempio precedente situando i valori, viene

$$D = \frac{3.^{cav}\,6 \times 75}{300 \times 1.^{m}\,2} = 0.^{mc}\,750.$$

Le ruote ad ali piane, che come si vede non rendono al minimum che $\frac{1}{5}$ dell'effetto assoluto dell'acqua, ed $\frac{1}{3}$ circa al maximum, sono impiegate per le cadute che

non oltrepassano 2 metri ; il loro diametro varia da 3 a 7 metri ; queste ruote possono andare molto presto, senza che il loro effetto utile maximum sia alterato.

**RUOTE VERTICALI AD ALI CURVE MOSSE DA SOTTO.**

544. L'impiego delle ruote ad ali cilindriche, presenta su quello delle ruote ad ali piane il vantaggio di rendere più del doppio di effetto utile, vantaggio che risulta dalla loro disposizione (fig. 95).

545. In queste ruote 12 ali almeno sono esattamente incassate, con un gioco solamente di 0.$^{m}$01 a 0.$^{m}$02 al più, necessario al gioco della ruota in una porzione di cerchio concentrica, che in un tratto è terminata da un risalto, di cui il vertice deve essere a livello medio delle acque nel canale delle acque perdute, il quale ha per oggetto lo sgorgo facile delle acque dalla ruota.

546. Il fondo del corso e quello del serbatojo, sono nel prolungamento uno dell'altro, ed il corso porta tutte le disposizioni date precedentemente, per annullare qualunque perdita risultante dall'attrito e dalla contrazione. La cateratta è inclinata sulla ruota di 1 o 2 di base sopra 2 di altezza. Il pendìo del corso è di $^{1}/_{10}$ ad $^{1}/_{15}$ dall'orificio fino a sotto la ruota, affine di conservare all'acqua tutta la sua velocità.

547. Le ali curve sono riunite e ritenute tra due corone vicino all'asse con raggi o bracci ; le corone hanno per oggetto d'impedire lo scolo dell'acqua lateralmente.

548. Le ali cilindriche che sono al numero di 36 per le ruote di 3 a 4 metri, e di 48 per quelle di 6 a 7 metri, vengono ad accordarsi quasi tangenzialmente alla circonferenza esterna delle corone, per evitare l'urto dell'acqua ; la loro curvità si disegna come segue. Dall'estremità dell'orificio si tira una parallela al fondo del

corso, ed al punto d'incontro di questa parallela colla circonferenza esterna delle ali, si eleva sopra tale linea una perpendicolare, che viene a tagliare la circonferenza interna delle ali in un punto, che è il centro del profilo della curva.

Ed affinchè l'acqua non potesse elevarsi al di sopra delle corone, si dà per larghezza nel senso dell'asse a queste ultime, circa $^1/_4$ ed anche $^1/_3$ del peso dell'acqua: l'allontanamento delle ali sulla circonferenza, è eguale ordinariamente a $0.^m 20$ a $0.^m 25$.

549. La larghezza della parte interna del corso, è un poco minore di quella delle ali o dell'intervallo delle corone, affine che l'acqua non vada ad incontrare la loro grossezza: questa differenza dev'essere di $0.^m 03$ da ciascun lato; ed allora s'incastrano le facce laterali del corso, affinchè le corone potessero muoversi.

550. In questo sistema di ruote alla Poncelet, il massimo effetto corrisponde ad una velocità $v$ eguale a' 0.55 di quella dell'acqua.

Per le cadute di 2 metri ed in sopra, con aperture di cateratta di $0.^m 08$ a $0.^m 11$, l'effetto teorico comparato all'effetto assoluto, è $P v = 0.70 \times 1000\, DH$. Questo rapporto è ancora più vantaggioso per le ruote di $1.^m 30$ e al di sotto, con un'orificio di cateratta $= 0.^m 20$ a $0.^m 30$, e diventa $P v = 0.80 \times 1000\, DH$. Ma l'effetto utile dev'essere diminuito, giacchè l'esito non è completamente dovuto al peso H a causa della contrazione; per cui si deve moltiplicare questo risultato per un coefficiente numerico $= 0.70$, se la cateratta è verticale, ed $= 0.75$ o $0.80$ secondo che è inclinata di 1 di base sopra 1 o 2 di altezza. In tal modo, nel caso di una cateratta verticale, l'effetto utile è espresso da $P v = 0.7 \times 0.7 \times 1000\, DH$, o $= 500\, DH$, cioè a dire metà dell'effetto assoluto.

ESEMPIO.

Quale sarebbe l'effetto utile di una ruota ad ali curve, nelle medesime condizioni della ruota ad ali piane ben costruita, data precedentemente.

$P\,v = 500 \times 0.^{mc}\,750 \times 1.^{m}\,2 = 450.^{km}\ \frac{450}{75} = 6$ cavalli vapore.

Le ruote ad ali curve di Poncelet, che producono quasi il doppio dell'effetto utile delle ruote ad ali piane bene stabilite, le rimpiazzano vantaggiosamente in tutte le stesse circostanze, e possono con profitto ricevere l'acqua dal risciacquatojo; allora il corso circolare che incasserebbe le corone, può elevarsi almeno fino alla più grande altezza dell'orificio.

## RUOTE DETTE DI FIANCO, O RICEVENDO L'ACQUA SUL LATO, ED INCASSATE IN UN CORSO CIRCOLARE.

551. Queste ruote come le ruote ad ali, sono esattamente incassate in un corso circolare (fig. 96), che non gli lascia gioco sopra i lati ed al fondo che $0.^{m}\,01$ a $0.^{m}\,02$. L'intervallo tra le ali e la circonferenza interna è chiuso per intercettare ogni uscita di acqua, ma si conserva tra questo fondo e l'ala precedente, un vuoto di $0.^{m}\,04$ a 0.08 per dare passaggio all'aria a misura che l'acqua penetra nelle ali. Del rimanente la loro distanza dalla circonferenza esterna, come pure la loro altezza nel senso del raggio, è come nelle ruote ad ali eguale a $0.^{m}\,30$, o 0.40.

552. Il raggio della ruota dev'essere almeno eguale all'altezza della caduta.

553. Queste ruote che hanno il vantaggio di camminare a differenti velocità, senza nuocere al massimo effetto utile, sono impiegate per le cadute di 1.$^{m}$ 30 a 2.$^{m}$ 50, e danno i 0.70 a 0.75 di travaglio assoluto, 0.70 qualora queste ruote ricevono l'acqua da un'orificio con peso sul vertice, e 0.75 qualora l'acqua è data alla ruota da un'orificio da risciacquatojo, e la formola diventa $P\,v = 700\,DH$; l'acqua scorrendo da un risciacquatojo, l'esito si calcola come si è detto nell'articolo risciacquatojo, § 535.

ESEMPIO.

Qual'è l'effetto utile di una ruota di fianco supponendo l'esito eguale a 0.$^{mc}$ 750 e la carica = 2 metri.

$$P\,v = 700 \times 0.^{mc}\,750 \times 2 = 1050.^{km} = \frac{1050}{75} = 14$$

cavalli vapore circa.

**RUOTE A CASSETTE.**

554. Le ruote a cassette si compongono di due corone parallele aperte esternamente, ma chiuse nell'interno con un fondo che impedisce l'acqua di scorrere verso l'asse. Le palette sono ad angoli o curve, e lo spazio compreso tra due palette e le corone, si chiama cassetta.

555. Il numero delle cassette è determinato dalla grandezza della ruota, la loro distanza essendo di 0.$^{m}$30 a 0.$^{m}$40 esternamente, egualmente la loro altezza nel senso del raggio; dividendo la circonferenza della ruota per 0.30 o 0.40, il quoziente esprimerà il numero delle cassette.

556. Per tracciare il loro profilo, bisogna da tutt'i punti di divisione ottenuti sulla circonferenza esterna tirare de' raggi al centro; questi raggi tagliano la circonferenza intermedia in de' punti, da ciascuno de' quali si

tirano delle linee inclinate formando col raggio un'angolo di 110.° (fig. 97); si conserva un'apertura di 0.$^m$ 03 a 0.$^m$ 05 tra il fondo di una cassetta e l'ala superiore.

557. Le ruote a cassette allorchè vanno con una velocità che non eccede 2 metri alla circonferenza, avendo un diametro di due metri, danno 0.78 a 0.80 di effetto teorico, ma per delle velocità maggiori non danno che 0.60 a 0.67; l'apertura della cateratta termine medio = 0.$^m$ 10.

558. Qualora queste ruote camminano lentamente non bisogna somministrare l'acqua, che in quantità eguale alla $^1/_3$ della capacità della cassetta. Se le ruote vanno presto, la cassetta deve avere una capacità tripla del volume dell'acqua.

559. Il massimo effetto varia poco variando la velocità della ruota, nel rapporto di 0.30 a 0.80 di quella dell'acqua quando è grande, e di 0.40 a 0.60 qualora il suo diametro è piccolo.

Queste ruote a cassette sono impiegate per le grandi cadute di 3 metri in sopra; il loro diametro non oltrepassa ordinariamente 5 metri.

## DIMENSIONI DELLE RUOTE A CASSETTE.

560. La larghezza dell'orificio da risciacquatojo di una ruota a cassette, che deve esitare un dato volume di acqua, si determina secondo Morin, moltiplicando l'altezza *h*, di cui si abbassa la cateratta al di sotto del livello superiore del serbatojo, per la velocità V dovuta a quest'altezza, e per 0.390; se si divide il volume dato per questo prodotto, il quoziente esprimerà la larghezza dell'orificio in metri.

ESEMPIO.

L'esito $D = 0.^{mc} 650$, $h = 0.25$, $V = 1.^{m} 2$ determinare la larghezza $l$ dell'orificio.

$$l = \frac{0.^{mc} 650}{0.390 \times 0.25 \times 1.^{m} 2} = 5.^{m} 55$$

La larghezza della ruota che comparata a quella dell'orificio, deve eguagliarla coll'addizione di $0.^{m} 05$ da ciascun lato, sarà $5.^{m} 60$.

Siccome questa larghezza non deve in generale oltrepassare 5 a 6 metri, si potrà al bisogno aumentare l'altezza $h$, di cui la cateratta si eleva dal livello superiore del serbatojo fino a $0.^{m} 30$, o $0.^{m} 35$.

*Diametro delle ruote da sopra.* Avendosi una caduta per esempio di 8 metri, se si dà la carica di acqua eguale a $0.^{m} 95$, e la lunghezza del corso eguale ad 1 metro con una inclinazione di 5 centimetri, resterà per altezza da sopra la ruota fino al basso della caduta 7 metri; deducendone $0.^{m} 10$ tanto pel gioco a lasciare superiormente tra la ruota ed il corso, che per lo vuoto a lasciare tra la ruota ed il fondo, il diemetro della ruota sarà eguale a $6.^{m} 9$, e dipende come vedesi dall'altezza di caduta disponibile.

## TURBINE O RUOTE ORIZZONTALI SOMMERSE.

561. Si chiamano turbine delle ruote ad asse verticale, di cui le palette ordinariamente curve si muovono coll'impulso di piccola quantità di acqua, che giungendo su queste curve mobili coll'energìa della velocità dovuta al suo peso, fa allora girare l'asse della turbina. L'introduzione dell'acqua può d'altronde aver luogo dall'interno ed uscire dalla circonferenza esterna, o reciprocamente.

Le antiche ruote orizzontali non producevano che i 0.30, o 0.35 dell'effetto motore. Questo risultato poco vantaggioso, era dovuto alla cattiva costruzione di queste ruote; ma un'ingegnere distintissimo, Fourneyron, ha stabilito recentemente delle nuove turbine, che sono di gran lunga superiori in risultato, perchè il rapporto dell'effetto utile all'effetto motore = 0.70, o 0.75.

Queste nuove ruote che occupano poco luogo pesano poco, e girano immerse nell'acqua ad una grande profondità e ad ogni velocità, possono essere in uso per le piccole come per le grandi cadute, e rimpiazzano vantaggiosamente gli altri sistemi in tutte le circostanze.

La relazione $PV = 700 DH$, che è l'espressione dell'effetto utile, esisterà in una buona costruzione di turbina di questo genere, quando per altro il numero di giri $n$ della ruota, sarà compreso tra $n = \frac{3.3\,V}{R}$ ed $n = \frac{5.6\,V}{R}$

**V** essendo la velocità dovuta alla caduta totale, ed **R** il raggio esterno della ruota.

ESEMPIO.

Determinare l'effetto utile di una turbine co'seguenti dati:

L'esito di acqua per secondo, o $D = 0.^{mc}8$;

La caduta totale, o $H = 1.^{m}6$;

Il travaglio motore assoluto $= 1000 \times 0.^{mc}8 \times 1.^{m}6 = 1280.^{km}$, $\frac{1280}{75} = 17$ cavalli, e l'effetto utile $= 700 \times 0.^{mc}8 \times 1.^{m}6 = 896.^{km}$, o 12 cavalli.

Si vede fig. 98 la sezione longitudinale di una turbina, e sotto il piano delle palette; quelle che sono situate sulla circonferenza interna sono fisse, e quelle situate sulla circonferenza esterna sono mobili.

Secondo Fourneyron, il diametro della circonferenza esterna è per le ruote al di sotto di 2 metri, 1.4 volte il diametro interno, e per le ruote più grandi di 1.25 volte, ed il diametro interno si calcola colla seguente formola:

$$d = \frac{D}{0.196 \times 0.60 \times \sqrt{2gH}}$$

Ora se l'esito D = 0.$^{mc}$750 e l'altezza della caduta = 2 metri, la formola diventa

$$d = \frac{0.^{mc}75}{0.196 \times 0.60 \times \sqrt{19.6 \times 2}} = \text{1 metro circa}$$

per diametro interno, ed 1.$^{m}$ × 1.4 = 1.$^{m}$4, diametro esterno. Per una ruota di questa dimensione, la circonferenza interna porta 12 grandi curve e 12 più piccole fisse, e la circonferenza esterna ne ha 48 mobili.

# CAPITOLO XVIII.

## IMPIEGO DELL'ARIA COME FORZA MOTRICE.

### VENTILATORE.

562. Questo apparecchio a forza centrifuga, è impiegato con successo per alimentare i fornelli alla Wilkinson, sia determinando una tirata per aspirazione, sia comprimendo l'aria alla foggia de' mantici.

563. Il ventilatore (fig. 102) comprende due parti principali, la cassa o coperta cilindrica fissa A, e la ruota a palette B; alla quale s'imprime un vivo moto di rotazione, sia colla mano o con ogni specie di trasmissione motrice. Le facce laterali della cassa, portano da ciascun lato un'apertura circolare di 0.$^m$50 di diametro; da questa apertura l'aria esterna è aspirata dal moto rapido delle palette.

564. Le sei palette che sono impernate all'estremità de' bracci di una medesima traversa, hanno una larghezza quasi eguale alla distanza interna de' lati della cassa nella quale si muovono, come lo farebbe un pistone rotativo; l'angolo che ciascuna di esse fa co' bracci è di circa 17.°21.

565. Supponendo all'asse delle palette una velocità rotativa di 1000 giri per minuto, la velocità per secondo all'estremo delle palette avendo un raggio $R = 0.^m45$, è data dalla formola $V = \frac{n \times 2\,\pi\, R}{60}$, o $= \frac{1000 \times 2\,\pi\; 0.45}{60}$ $= 47.^m 12$, e per ora essa sarebbe di $47.12 \times 60 = 2827.^m$ circa. Questa è nel medesimo tempo la velocità

colla quale l'aria è aspirata dall'apertura delle facce laterali, e compressa nello stesso tempo nel condotto di uscita, per poi di là distribuirsi a'fornelli.

566. Si comprende che con una velocità così grande, la forza centrifuga che tende a separare le palette, possiede una grande energìa; questa forza centrifuga è ottenuta dalla seguente:

*Regola.* Moltiplicate il peso di una delle palette pel quadrato della sua velocità rotativa, e dividete il prodotto per la velocità dovuta all'azione della gravità, e pel raggio della paletta, il quoziente esprimerà lo sforzo della forza centrifuga. Supponendo P il peso della paletta eguale a 2.k 5, avremo col mezzo de'precedenti dati,

$$\frac{2.^{k}5 \times (47.^{k}12)^{2}}{9.80 \times 0.^{m}45} = 1315^{k}3$$

sforzo che tende, per virtù della forza centrifuga, a separare o dislogare ciascuna paletta. Un ventilatore nelle presenti condizioni, necessiterebbe una forza di 4 cavalli circa, e produrrebbe il vento necessario per alimentare due fornelli da fondere ciascuno 2000.k l'ora.

## MACCHINE DA SOFFIARE.

567. Per alimentare la combustione degli alti forni, un semplice ventilatore diventa insufficiente; s'impiegano allora di preferenza le macchine da soffiare, chiamate anche mantici a pistone (fig. 103).

568. Questi mantici che sono posti in moto, sia da una ruota idraulica, sia da una macchina a vapore, si compongono di un pistone, che come quello delle macchine a vapore, si muove lungo un cilindro guarnito superiormente, ed inferiormente di una valvola di aspirazione e di compressione. Nella discesa del pistone l'aria

è aspirata dalla parte superiore del cilindro, e quella di sotto è compressa nel tubo comune di uscita. Risalendo il pistone, l'aria si trova al contrario aspirata da basso, e quella di sopra è compressa dalla valvola superiore nel canale di uscita; così il pistone ha per oggetto di comprimere in ogni oscillazione la quantità di aria aspirata nell'oscillazione precedente, e questo movimento, come pel vapore, è a doppio effetto, lo stesso pistone aspirando e comprimendo nel salire e nel discendere.

569. Se si suppone la lunghezza della corsa del pistone eguale a $0.^{m}\,8$, e la sua superficie $= 0.^{mq}\,760$, il pistone comprimerà per oscillazione semplice, un volume di aria eguale a $0.8 \times 0.760 = 0.^{mc}\,608$, e per oscillazione doppia questo volume sarà $2 \times 0.^{mc}\,608$, o $1.^{mc}\,216$, o $24.^{mc}\,32$ per minuto se la velocità del pistone, è di 20 oscillazioni doppie nel medesimo tempo.

Conoscendo dunque la quantità di aria da introdurre in un tempo dato, sarà facile disporre le dimensioni del cilindro, e la velocità del pistone per produrre un tal volume di aria.

570. Da alcuni anni i mantici ad aria fredda, sono vantaggiosamente rimpiazzati da' mantici ad aria calda, che producono un beneficio del 40 per cento circa sui primi. L'aria in questi nuovi apparecchi è riscaldata sia da fornelli addizionali, sia dalla fiamma della bocca dei fornelli cui sono impiegati.

# CAPITOLO XIX.

## PROPRIETA' DEL VAPORE.

571. S'intende per vapore in generale, quel fumo umido che scappa via da' liquidi sottoposti all'azione del calore.

572. Quando si riscalda l'acqua in un vaso aperto, la sua temperatura si eleva fin a 100° centigradi; da questo momento vi è equilibrio tra la pressione dell'aria e la temperatura dell'acqua, che entra in ebollizione, e forma allora un vapore visibile. Se si continua la combustione, questa temperatura rimane la stessa, l'ecccsso di calorico trovandosi impiegato alla conversione dell'acqua in vapore.

573. Allorchè l'acqua è riscaldata in un vaso chiuso ermeticamente, come in una caldaia di macchina, il vapore che viene ad occupare lo spazio al di sopra dell'acqua, acquista una tensione che si accresce colla temperatura dell'acqua; e questo vapore è detto saturato; quando lo spazio che occupa è talmente pieno di vapore, che non ne può più contenere, a meno che non si eleva di nuovo la temperatura dell'acqua. Si conchiude da ciò che vi è unione tra la temperatura dell'acqua, e la tensione del vapore, cioè a dire, che questa tensione è sempre colla temperatura in un rapporto costante, per uno stesso spazio dato, qualunque fosse d'altronde la sua estensione.

574. Il seguente quadro dà la tensione del vapore per ciascun centimetro quadrato, corrispondente alla sua temperatura espressa in gradi ed in atmosfere, e la colonna di mercurio che misura la sua elasticità.

*Tavola delle forze elastiche del vapore di acqua, e delle temperature corrispondenti, da 1 a 15 atmosfere.*

| ELASTICITA' DEL VAPORE prendendo la pressione dell' atmosfera per unità. | COLONNA DI MERCURIO a 0° che misura l' elasticità. | TEMPERATURA CORRISPONDENTE in gradi centigradi | PRESSIONE SOPRA un centimetro quadrato. |
|---|---|---|---|
| | *metri.* | *gradi.* | *Kilog.* |
| 1 | 0.76 | 100. | 1.033 |
| 1 ½ | 1.14 | 112.2 | 1.549 |
| 2 | 1.52 | 121.4 | 2.066 |
| 2 ½ | 1.90 | 128.8 | 2.582 |
| 3 | 2.28 | 135.1 | 3.099 |
| 3 ½ | 2.66 | 140.6 | 3.615 |
| 4 | 3.04 | 145.4 | 4.132 |
| 4 ½ | 3.42 | 149.06 | 4.648 |
| 5 | 3.80 | 153.08 | 5.165 |
| 5 ½ | 4.18 | 156.8 | 5.861 |
| 6 | 4.56 | 160.2 | 6.198 |
| 6 ½ | 4.94 | 163.48 | 6.714 |
| 7 | 5.32 | 166.5 | 7,231 |
| 7 ½ | 5.70 | 169.37 | 7.747 |
| 8 | 6.08 | 172.1 | 8.264 |
| 9 | 6.84 | 177.1 | 9.297 |
| 10 | 7.60 | 181.6 | 10.33 |
| 11 | 8.36 | 186.03 | 11.363 |
| 12 | 9.12 | 190. | 12.396 |
| 13 | 9.88 | 193.7 | 13.429 |
| 14 | 10.64 | 197.19 | 14.462 |
| 15 | 11.40 | 200.48 | 15.495 |

575. Si chiama tensione o forza elastica di un gas, la sua pressione sopra un centimetro quadrato, o più generalmente sopra l'unità di superficie.

576. La forza elastica del vapore, è data comparativamente a quella dell'aria che è presa per unità.

577. La pressione atmosferica o semplicemente l'atmosfera è capace di sollevare nel vuoto una colonna di acqua di 10.m33, o una colonna di mercurio di 28 pollici = 0.m76, che equivalgono per centimetro ad una pressione di $10000 \times 1.^{k}033 = 10330.^{k}$

Così, dire che il vapore ha una tensione di un'atmosfera, è lo ammettere che esso esercita per centimetro quadrato una pressione di 1.k033, e che la sua temperatura è eguale a 100.° centigradi.

578. Per avere la tensione del vapore o la sua pressione per centimetro quadrato ad ogni altra temperatura, basta moltiplicare il numero dato di atmosfere per la pressione dell'atmosfera sopra un centimetro quadrato.

Sia a trovare la pressione per centimetro quadrato del vapore, avendo una tensione di 12.atm5; si ha

$$12.5 \times 1.^{k}033 = 12.^{k}91$$

579. È la pressione di un certo numero di atmosfere nella caldaja, che determina la divisione delle macchine a vapore in tre classi. Chiamansi generalmente macchine a bassa pressione, quelle nelle quali il vapore non ha che una tensione di 1.atm3 ad 1.atm5 circa.

Le macchine sono dette a media pressione, quando il vapore, ha nella caldaja una tensione di due o tre atmosfere.

In fine le macchine ad alta pressione son quelle dove il vapore travaglia sotto una pressione da 4 fino a 8 atmosfere, ed anche al di sopra.

### LEGGE DI MARIOTTE.

580. Questa legge è così concepita. I volumi di un gas sono in ragione inversa delle pressioni che vi si esercitano sopra; cioè a dire che se sotto il peso di un'atmosfera il volume è eguale ad una colonna di un metro, sotto il peso di 2 atmosfere, sarà ridotto a $^1/_2$ metro, e reciprocamente.

581. Da ciò risulta che per conoscere il volume che un gas occuperà sotto una pressione qualunque, bisogna moltiplicare il volume primitivo per la pressione primitiva, e dividere il prodotto per la nuova pressione.

Il volume era da principio o.$^{mc}$45 e la pressione o.$^m$76, il volume sotto una pressione tripla = 2.$^m$ 28, sarà $\frac{0.^m45 \times 0.^m76}{2.^m28} = 0.^m15$, o $^1/_3$ del volume primitivo.

582. Allorchè il vapore si espande, cioè a dire, quando uno spazio saturato di vapore s'ingrandisce subitaneamente, senza che la sua temperatura subisca raffreddamento, esso segue nella sua espansione la legge di Mariotte, ed i calcoli delle macchine ad espansione, che esamineremo in appresso, saranno basati sopra questa legge.

### DETERMINAZIONE DEL PESO DI UN METRO CUBO DI VAPORE AD UNA DATA TEMPERATURA (1).

583. L'esperienza ha provato che un centimetro cubo di acqua distillata produce 1.$^{lit}$696, o 1696 centimetri cubi di vapore a 100.°, sotto la pressione di o.$^m$ 76 di mercurio, o 1.$^k$033 per centimetro quadrato. Un litro

---

(1) *Il peso del vapore è a quello dell'aria come 1.0577 : 1.6944, o presso a poco come 10 : 16.*

o un kilogrammo di acqua, produrrà dunque 1696 litri di vapore sotto la stessa pressione; ora 1696 litri di vapore a 100.° pesando 1 kilogrammo, conduce a trovare che un litro di vapore pesa 0.gr 5894, e che 1 metro cubo peserà 0.k 5894, a questa medesima pressione di 1.k 033 per centimetro quadrato.

584. Per conoscere il peso di un metro cubo di vapore ad ogni altra pressione, bisogna rimontare alla legge precedente di Mariotte; di dove risulta, che il peso del vapore è in ragion diretta della pressione che lo comprime. Così un metro cubo di vapore sottoposto ad una tensione di 4.at 5, peserà $4.^{at}5 \times 0.^{k}5894 = 2.^{k}65$. E da ciò la seguente:

*Regola.* Per determinare il peso di 1 metro cubo di vapore ad una tensione data, bisogna moltiplicare il peso di 1 litro di vapore a 100.°, o 0.k5894 per la pressione alla quale è stato sottoposto.

585. L'unità di calore o *calorìa*, secondo Clement, è la quantità di calore necessaria per alzare di un grado centigrado, la temperatura di un kilogrammo di acqua.

Un kilogrammo di vapore a 100.°, contiene 650 calorìe.

## QUADRO

*Indicante la parte della forza calorifica de' principali combustibili utilizzati in un fornello ben costruito; come pure la quantità di vapore che produce ciascuno di essi sotto una caldaja di lamine di ferro.*

| NOMI DE' COMBUSTIBILI | FORZA CALORIFICA utilizzata per ciascun kilog. | QUANTITA' DI VAPORE fornito da 1 kil. di ciascun combustib. |
|---|---|---|
| | *calorie* | *kilog.* |
| Torba ordinaria. . . . | 1200 | 1. 8 a 2 |
| Torba 1.ª qualità. . . . | 1800 | 2. 8 a 3 |
| (1) Legname secco all'aria. | 1767 | 2. 7 |
| (1) Legname secco al fuoco. | 2200 | 3. 7 |
| Carbone ordinario. . . | 3600 | 5. 6 |
| Carbone secco. . . . . | 4230 | 6. » |
| Carbon fossile 3.ª qualità | 3560 | 5. 5 |
| Carbon fossile 2.ª qualità | 3807 | 5. 9 |
| Carbon fossile 1.ª qualità | 4230 | 6. 5 |
| Coke puro. . . . . . . | 4600 | 7. » |

### CALDAJE DELLE MACCHINE A VAPORE.

586. La forma più generalmente impiegata per le caldaje delle macchine a bassa e ad alta pressione, è quella di un cilindro allungato, di cui le estremità sono sferiche.

---

(1) *L'esperienza prova che la forza calorifica delle diverse specie di legname, è generalmente la stessa a peso eguale, ma non in quanto al volume.*

587. Queste caldaje dette di Voolf sono per lo più in fogli di lamine di ferro; altre volte, ma meno sovente di rame, accuratamente unite con de' chiodetti. Esse rimpiazzano con vantaggio le caldaje di ferro fuso, che sono soggette a rompersi con de' cambiamenti istantanei di temperatura.

588. La loro lunghezza è ordinariamente eguale a 3 volte $^1/_2$ il loro diametro. Queste dimensioni sono favorevoli per meglio ricevere l'azione del fuoco, e nello stesso tempo per meglio resistere alla pressione del vapore (fig. 104).

589. Si servono benanche per le macchine a bassa pressione di caldaje a fondo piatto o concavo (fig. 105) dette di Watt, che danno una produzione di vapore comparativamente maggiore delle caldaje cilindriche; ma questo vantaggio è nullo in comparazione della più grande resistenza alla pressione del vapore, che presentano queste ultime.

590. Si provano le caldaje a freddo sotto una pressione 5 a 6 volte maggiore di quella, che devono sostenere a caldo, per assicurarsi che non vi è alcun difetto, anche perchè il metallo può avere delle parti deboli, o delle filtrazioni alle inchiodature, e poichè in fine a misura che la temperatura aumenta la tenacità del metallo diminuisce.

591. Per preservare le caldaje cilindriche dal contatto immediato del fuoco, ed evitare le riparazioni che ne sono le dispiacevoli conseguenze, si sono situati da sotto due tubi che prendono il nome di bollitoj, poichè ricevono direttamente il colpo del fuoco.

592. Questi tubi dovendo essere al bisogno facilmente smontati per causa di riparazioni, non debbono essere ribaditi alla caldaja; egli è preferibile unirli a coda di

rondine nelle tubulature che porta la caldaja, e fissarveli col mastice di ferro (1).

593. La superficie riscaldante di una caldaja, è l'estensione della parete che riceve direttamente il calore dal focolare.

594. Nelle macchine a bassa pressione di Watt la superficie riscaldante, si stima generalmente la metà della superficie totale della caldaja; questa superficie riscaldante è un poco più grande nelle caldaje cilindriche a media pressione di Woolf. Tuttavia è prudente nel disporre i canali, il limitarla al di sotto del livello di regola dell'acqua nella caldaja, per non rischiare di bruciare la lamina di ferro nell'abbassamento fortuito di questo livello, che è a' $^2/_3$, ed $^1/_3$ di vuoto pel vapore, e questo spazio libero eguaglia termine medio 12 volte il volume del vapore consumato per colpo di pistone.

Così conoscendo il volume di vapore consumato per secondo $= 0.^{me}\,09$, ed il numero di oscillazioni del pistone per minuto, diviene facile determinare il volume della caldaja.

Il volume di vapore consumato per colpo di pistone sarà $\frac{60 \times 0.^{me}\,09}{25} = 0.^{me}\,216$; lo spazio libero pel vapore è $12 \times 0.^{me}\,216 = 2.^{me}\,59$. E la capacità totale della caldaja dovendo essere 3 volte quella dello spazio libero pel vapore, sarà $3 \times 2.^{me}\,59 = 7.^{me}\,77$.

Il volume dell'acqua occupando i $^2/_3$ della capacità

---

(1) *Questo mastice si compone di 20 parti di limatura di ferro fuso non ossidato, sopra 1 parte di sale ammoniaco, ed 1 parte di fiore di zolfo, il tutto mischiato per porzione è imbevuto di urina e di acqua.*

della caldaja sarà 7.$^{mc}$77 — 2.$^{mc}$59 = 5.$^{mc}$ 18, o 24 volte il volume di vapore consumato a ciascun colpo di pistone.

595. Rappresentando con V il volume di una caldaja cilindrica, con $l$ la sua lunghezza, e con $r$ il suo raggio, il volume $V = \pi r^2 \times l$, di dove si ricava $r = \sqrt{\frac{V}{\pi l}}$, tal'è il raggio di una caldaja di Woolf. Ma per una caldaja di Watt rimpiazzando la sezione $\pi r^2$ con A, il volume $V = A \times l$, di dove si ricava la sezione $A = \frac{V}{l}$, e la lunghezza $l = \frac{V}{A}$.

596. Un metro quadrato di superficie riscaldante nelle macchine di Watt, fornisce termine medio 30.$^k$ di vapore per ora. E siccome si valuta che un cavallo vapore consuma 6.$^k$ di carbon fossile nel medesimo tempo, e che 1.$^k$ di carbon fossile, buona qualità, utilizza 6.$^k$ di vapore, si vede che un cavallo consuma 36.$^k$ di vapore per ora. Comparando questo consumo alla quantità di vapore fornita da 1 metro quadrato di superficie riscaldante, si conchiude che nelle caldaje a bassa pressione di Watt, bisogna per forza di cavallo della macchina, una superficie riscaldante eguale ad 1.$^{mq}$1 ad 1.$^{mq}$2 termine medio.

597. Nelle macchine di Woolf dove un cavallo vapore esige 3.$^k$ di carbon fossile per ora, che producono $3 \times 6 =$ 18 a 20.$^k$ di vapore, 1 metro quadrato di superficie riscaldante producendo 30.$^k$ di vapore, non bisognerà per queste caldaje valutare per forza di cavallo, che i $^2/_3$ di un metro quadrato di superficie riscaldante, allorchè la macchina oltrepasserà una forza di 10 cavalli, e 0.75, o 0.80 di 1 metro quadrato, allora quando la macchina ha una forza minore.

598. La forza d'evaporamento di un generatore, si cal-

cola sempre colla superficie riscaldante direttamente esposta al fuoco.

Sia una caldaja a bassa pressione della forza di 15 cavalli, poichè per cavallo vapore bisogna una superficie riscaldante $= 1.^{mq}2$, questa superficie per 15 cavalli sarà $1.2 \times 15 = 18$ metri quadrati.

Ora in queste caldaje, la superficie totale è valutata doppia della superficie riscaldante; così $18.^{mq} \times 2 = 36$ metri quadrati. Questa è la superficie totale di una caldaja di Watt, della forza di 15 cavalli.

599. Il calcolo di una caldaja di Woolf, si farebbe della stessa maniera prendendo in vece di $1.^{mq}2$ soltanto i $^2/_3$, o 0.67 di un metro quadrato per ciascun cavallo vapore, e la superficie che noi veniamo di trovare di 36 metri quadrati per 15 cavalli di Watt, corrisponderebbe ad una forza di 22 cavalli per una caldaja di Woolf.

600. Se intanto questa caldaja porta de' bollitoj, la loro superficie deve essere compresa nella superficie della caldaja.

Così ammettendo che la caldaja porta di lunghezza $4.^m8$ ed $1.^m6$ di diametro, la sua superficie sarà di $24.^{mq}11$, ed il resto per la superficie de' due bollitoj $36 - 24.11 = 11.^{mq}89$, lo che fa per ciascuno di essi una superficie $5.^{mq}945$, ed il loro raggio eguaglierà $\frac{5.945}{6.28 \times 4.^m8} = 0.^m197$, o 7 pollici 4 linee circa, ed il loro diametro sarà di 14.8 linee.

601. La grossezza delle caldaje in lamine di ferro e di rame per le macchine ad alta pressione, si determina colla seguente:

*Regola.* Moltiplicate il diametro interno della caldaja per 0.018 e pel numero di atmosfere meno 1; aggiungete al prodotto 3 millimetri, il risultato darà la grossezza in millimetri.

ESEMPIO.

Sia una caldaja di lamine di ferro avendo un diametro interno = 1 metro, la tensione del vapore nella caldaja = 5 atmosfere:

La grossezza $e = 0.018 \times 100 (5\text{-}1) + 3.^{mil} = 10.^{mil} 2$.

**GRATICOLA, CANALI, CIMINIERA, E CINERARIO.**

602. Si reputa generalmente che la superficie della graticola deve essere per forza di cavallo = $0.^{mq}$ 11, o $0.^{mq}$ 12 per le caldaje a bassa pressione.

603. La superficie dello spazio vuoto delle barre è circa $^1/_3$ o $^1/_4$ della superficie totale della graticola, secondocchè si consuma del carbon fossile grasso, o del carbon fossile secco. Le barre sono generalmente di ferro fuso, ed hanno la forma di un trapezio, di cui la grande base è in alto per facilitare il distacco delle scorie.

604. La lunghezza della graticola è presso a poco eguale ad $^1/_3$ di quella della caldaja, la sua distanza verticale da'bollitoj o dalla caldaja, è di 35 a 40 centimetri al più; la distanza dell'ammattonato a'bollitoj è di 11 a 12 centimetri, e la grossezza dello strato di carbon fossile spanto sulla graticola non deve oltrepassare 6 centimetri.

605. La sezione de'condotti di fiamma o canali e della ciminiera, si deduce da quella della graticola, e deve per delle ciminiere di cui l'altezza non oltrepassa 18 metri, essere eguale ad $^1/_4$ almeno della sezione della graticola. Per le ciminiere più elevate può essere ridotta ad $^1/_5$.

606. Non è male disporre la sezione de'canali e della ciminiera, in modo che sia capace di una maggiore forza di quella necessaria al servizio della macchina; questo

eccesso di forza servendo a compensare le perdite risultanti da' depositi della fuligine ne' canali.

607. Il cinerario deve avere la stessa larghezza della graticola, la sua profondità è determinata da quella della graticola.

Applicando questi dati al fornello che deve ricevere la caldaja di Watt di 15 cavalli data di sopra, si troverebbe per la superficie della graticola $0.^{m}\ 12 \times 15 = 1.^{mq}\ 80$.

La superficie degli spazî vuoti tra le barre pel carbon fossile secco $= \frac{1.^{mq}\ 80}{4} = 0.^{mq}\ 45$.

La sezione de' canali e della ciminiera, di cui l'altezza non oltrepassa 18 metri $= \frac{1.^{mq}\ 80}{4} = 0.^{mq}\ 45$.

### VALVOLE DI SICUREZZA.

608. Le caldaje sono munite di apparecchi, che hanno per oggetto di regolare la tensione del vapore che esse contengono, lasciando scappare l' eccesso al disopra della tensione di regola, e mantenere costante il livello dell'acqua.

Così esse portano avanti e dietro una valvola di sicurezza destinata a dare uscita al vapore, quando ha acquistato una tensione troppo grande.

609. Le valvole di sicurezza hanno la forma di un cono tronco *a* perfettamente combaciato in un luogo, che lo riceve di maniera a chiudere ogni uscita al vapore rinchiuso nella caldaja (fig. 106).

610. Si sa che la pressione interna del vapore nella caldaja, esercita contro la parete una tensione che per un' atmosfera e per centimetro equivale ad $1.^{k}033$; per 2 atmosfere diviene eguale a $1.^{k}033 \times 2 = 2.^{k}066$; per 5 atmosfere $1.^{k}033 \times 5 = 5.^{k}165$, e così in seguito.

611. Ammettendo dunque che la tensione del vapore nella caldaja, sia eguale a 6 atmosfere, si potrà sempre conoscendo la superficie in centimetri quadrati della valvola, determinare il peso di cui bisogna caricarla per fare equilibrio a questa pressione del vapore.

612. Essendo la tensione del vapore eguale a 6 atmosfere $= 6.^{k}2$, e la superficie essendo di 8 centimetri quadrati, la pressione del vapore sopra tutta la valvola, sarà di $8 \times 6.^{k}2 = 49.^{k}6$. Ma la valvola ha già contro di essa nel senso inverso del vapore, la tensione atmosferica, che dev' esser tolta da $49.^{k}6$: ora $8 \times 1.^{k}033 = 8.^{k}264$; $49.^{k}6 - 8.^{k}264 = 41.^{k}3$; questo è il peso di cui bisogna caricare la valvola, per equilibrare la pressione interna del vapore.

613. Non si fa in pratica premere direttamente il peso di $41.^{k}3$ sulla valvola, perchè sarebbe troppo pesante a manovrare, ma si servono per intermedio di una leva sulla quale si fissa un peso, che combinato sulla lunghezza della leva produce lo stesso sforzo.

Così nell' esempio precedente conoscendo la pressione $= 41.^{k}3$, ed avendo a sua disposizione un peso di $3.^{k}$, si determinerebbe la lunghezza del grande braccio della leva $b$ (conoscendo il piccolo braccio $c = 4$ centimetri) capace di produrre la pressione domandata colla proporzione seguente:

$$3.^{k} : 41.^{k}3 :: 4.^{c} : x = 55 \text{ centimetri}$$

E da ciò ne risulta la seguente:

*Regola*. Moltiplicate la pressione intera sulla valvola pel piccolo braccio della leva, e dividete pel peso conosciuto; il quoziente esprimerà il braccio di leva all'estremità del quale, questo medesimo peso eserciterà la pressione domandata.

614. Se si conoscerebbero i due bracci di leva e la

pressione sulla valvola, si determinerebbe il piccolo peso a situare all'estremo della leva, colla seguente proporzione:

$$4.^{c} : 55.^{c} :: x : 41.^{k}3$$

$$x = \frac{41.^{k}3 \times 4.^{c}}{55.^{c}} = 3.^{k}$$

E si enuncia così la,

*Regola.* Moltiplicate la pressione sulla valvola pel piccolo braccio della leva, e dividete pel grande braccio di leva, il quoziente esprimerà il peso a fissare all'estremo della leva, per esercitare la pressione necessaria sulla valvola.

Osservando queste due pressioni che si fanno equilibrio, si comprende benissimo che quando il vapore acquisterà una tensione maggiore di quella di regola, solleverà la valvola e scapperà fino al momento dove l'equilibrio si sarà ristabilito.

### PIASTRE FUSIBILI (1).

615. Queste piastre che come le valvole di sicurezza sono situate sulla caldaja, sono destinate a dar passaggio al vapore, per difetto delle valvole di sicurezza, allorchè il vapore acquista una troppo grande pressione, fondendo ad una determinata temperatura. Ma siccome esse sono

---

(1) *Le piastre fusibili non sono più in uso; giacchè lungi dal dare garanzia contro l'ignoranza e l'inattenzione per prevenire le esplosioni, sono per lo contrario nocive. Esse possono fondersi quando non vi è nulla a temere, e non indicare verun sinistro accidente, qualora un'eplosione è imminente. Se ne è voluto per altro tener parola, per farne conoscere l'uso e la composizione.*

suscettibili di ammollirsi prima del loro grado di fusione, si aggiustano sopra una delle tubulature della caldaja, avendo cura di farle giacere sopra una tela metallica, o sopra una lamina concava che mantiene la piastra ammollita, e l'impedisce di spandersi prima della fusione.

616. Queste piastre sono al numero di due per ciascuna caldaja; una è composta di una lega fusibile a 10.° centigradi, al di sopra della temperatura di regola del vapore nella caldaja; la seconda non diventa fusibile che ad una temperatura di 20.°, al di sopra della medesima temperatura.

617. Il loro grado di fusibilità varia secondo la proporzione delle tre lighe, bismuto, piombo, e stagno. Si possono comporre al grado di fusibilità che si vuole, colla guida del seguente quadro.

# QUADRO

*Per la composizione delle piastre fusibili impiegate nelle macchine a vapore.*

| BISMUTO | PIOMBO | STAGNO | ELASTICITA' DEL VAPORE prendendo la pressione dell' atmosfera per unità | TEMPERATURA CORRISPONDENTE in gradi centigradi |
|---|---|---|---|---|
| Parti | Parti | Parti | | |
| 8 | 6.44 | 3. | 1 | 100. |
| 8 | 8. | 3.80 | 1 ½ | 112.2 |
| 8 | 8. | 7.50 | 2 | 122. |
| 8 | 9.69 | 8. | 2 ½ | 129. |
| 8 | 12.64 | 8. | 3 | 135. |
| 8 | 13.80 | 8. | 3 ½ | 140.7 |
| 8 | 15. | 8. | 4 ½ | 145.2 |
| 8 | 16. | 9. | 5 | 150. |
| 8 | 16. | 19. | 5 ½ | 154. |
| 8 | 25.15 | 24. | 6 | 158. |
| 8 | 27.33 | 24. | 6 ½ | 164. |
| 8 | 28.66 | 24. | 7 | 168. |
| 8 | 29.41 | 24. | 7 ½ | 170. |
| 8 | 38.24 | 24. | 8 | 173. |

## GALLEGGIANTE.

618. Il livello dell'acqua nella caldaja è generalmente regolato da un galleggiante.

Questo apparecchio si compone di una pietra piatta di forma ovale (fig. 108), che immerge metà della sua grossezza nell'acqua, e che è sospesa ad un filo di ottone o di acciajo di 3 a 4 millimetri di diametro, mobile in una cassa da stoppa per evitare ogni uscita al

vapore. Questo filo è fissato all'estremo di un bilanciere a settore che oscillando al suo centro, porta all'altro estremo un contro peso.

619. Nello stato del livello ordinario dell'acqua nella caldaja, vi è equilibrio tra il peso della pietra e la resistenza del contro peso, di maniera che il bilanciere è orizzontale. Ma se il livello dell'acqua nella caldaja si eleva, la pietra elevandosi di più, la leva pende dal lato del contro peso che lo supera, lo che indica al fuochista di chiudere il rubinetto di alimento. Se il livello si abbassa, al contrario, la pietra immergendo meno peserà di più, e la leva pende allora dal suo lato, lo che indica al fuochista di attivare l'alimento.

620. L'apparecchio del galleggiante giace sul principio fisico, che qualunque corpo immerso nell'acqua perde una parte del suo peso eguale al peso del volume di acqua spiazzato.

621. Se rappresentiamo con P il peso della pietra nell'aria, immersa metà nell'acqua, essa peserà P diminuita del peso del volume di acqua che spiazza, rappresentato da $p$; così il peso della pietra sarà $P-p$. Siccome essa agisce sopra una leva $a$, il suo momento $=(P-p)\ a$; ora questo momento nello stato di equilibrio deve eguagliare il momento del contro peso $q$, moltiplicato per la sua leva $b$, e la formola di equilibrio diventa $(P-p)\ a=q\times b$.

622. Ammettendo il peso $P=10.^{k}$, $p=3.^{k}$, $a=4$, $b=12$, si determinerebbe il peso $q$, capace di controbilanciare il galleggiante: di fatti si ha dalla formola precedente $q=\frac{(P-p)\ a}{b}$, sostituendo i valori viene

$$q=\frac{(10.^{k}-3)\ 4}{12}=2.^{k}\,33.$$

623. Nelle caldaje delle locomotive, si adatta a due tubulature ricurve e fissate sulla caldaja, un tubo *d* di vetro verticale di 10 a 12 millimetri di diametro, e di sufficiente grossezza, nel quale l'acqua della caldaja viene a prendere il suo livello, e serve direttamente d'indicatore (fig. 107).

624. L'esplosione di una caldaja deriva per lo più dalla poco cura ed attenzione del fuochista, perchè se il livello di acqua, viene a bassare nella caldaja, la fiamma circonda la parete non bagnata che diventa subito rossa, e l'acqua di alimento, giungendo su questa parte, si riduce istantaneamente in vapore, che non trovando un'uscita assai grande per iscapparsene, cagiona allora la rottura della caldaja. Non si saprebbe dunque a sufficienza raccomandare di tener molto conto dell'indicazione del galleggiante.

## MANOMETRO.

625. Il manometro serve nelle macchine a vapore, a misurare la tensione del vapore nell'interno della caldaja.

626. Per costruire il manometro, si prende un tubo di vetro perfettamente cilindrico e ben secco, di 8 a 9 millimetri di diametro, e di 35 centimetri di lunghezza, chiuso nella parte superiore; indi si fa immergere la parte inferiore incavata di questo tubo in un serbatojo riempiuto di mercurio, che durante il travaglio della macchina, è posto in comunicazione coll'ajuto di un rubinetto colla caldaja. Un disco guarnito di mastice e di stoppa aggiusta invariabilmente il tubo sul serbatojo, di maniera ad impedire qualunque uscita di vapore.

627. La graduazione de' manometri, è fondata sulla compressione di un certo volume di aria rinchiuso nel

tubo di vetro, e segue allora la legge di espansione di Mariotte.

628. Quando l'acqua entra in ebollizione nella caldaja, il vapore che acquista la tensione di un'atmosfera fa equilibrio alla pressione dell'aria che gravita su di essa; e se in questo momento si apre il rubinetto del manometro, vi sarà la pressione del vapore che tenderà a far salire il mercurio nel tubo; ma vi è nel senso contrario la pressione dell'aria che è rinchiusa, allora il mercurio non può elevarsi nel tubo, il suo livello è a zero, cioè a dire al basso del tubo. Il vapore acquista una tensione che si accresce continuamente e giunge a 2 atmosfere; secondo la legge di Mariotte per una pressione doppia il volume diminuisce di metà, il volume di aria compresso non occuperà più che la metà della parte superiore del tubo. Il livello segna l'atmosfera di tensione in su della pressione atmosferica, ed è segnato dal livello superiore del mercurio nel tubo.

629. Per una tensione di vapore eguale a 3 atmosfere, l'aria non occupa più superiormente che $^1/_3$ dell'altezza del tubo, il mercurio si è elevato a' $^2/_3$ di quest'altezza; il suo livello segna due atmosfere di tensione, e così in seguito.

630. Sopra questo principio giace il delineamento geometrico (fig. 99) del manometro ad aria compressa. AD è l'altezza del tubo sul quale bisogna effettuire le divisioni, da' punti superiore D ed inferiore A si tracciano le orizzontali DC ed AB, si porta una volta la $^1/_2$ lunghezza del tubo da D in C, ed altrettante volte che si desiderano avere di divisioni da A in B. Congiungendo il punto C con tutt'i punti di divisione di AB, i punti d'incontro di queste linee C1', C2', C3', C4', C5' colla linea AB, determinano le pressioni date in atmosfere dai

diversi livelli di mercurio; così la divisione 1 segna una tensione di 1 atmosfera al di sopra di quella dell'aria; la divisione 2 segna 2 atmosfere, ec. Per ottenere delle indicazioni di $1/2$ atmosfera, basta congiungere il punto C a tutte le metà delle divisioni della linea AB; la indicazione di $1/4$ di atmosfera, si otterrebbe congiungendo C a' quarti di ciascuna delle divisioni di AB.

### MODERATORE A FORZA CENTRIFUGA.

631. Questo apparecchio è impiegato nelle ruote idrauliche come nelle macchine a vapore, per regolare la loro velocità.

632. Si sà di fatti che allor quando colla trasmissione diretta dell'asse principale della macchina, all'asse del moderatore, la velocità della macchina o della ruota idraulica si rallenta, il peso delle palle vince sulla loro forza centrifuga, e le fa riavvicinare; in questo movimento i bracci che sostengono le palle scorrono lungo di un'asse verticale, e fanno camminare un cannello che per una combinazione di leve, fa aprire il rubinetto di introduzione del vapore, o aprire la cateratta se è una ruota idraulica (fig. 100).

633. Quando al contrario la velocità della macchina, o della ruota idraulica oltrepassa quella di regola, la forza centrifuga vince sul peso delle palle, queste si allontanano, il cannello cammina allora in senso contrario, e fa chiudere di una certa quantità l'apertura del rubinetto o della cateratta.

634. Nella velocità media della macchina, l'angolo che fa ciascuna delle palle coll'asse verticale deve essere tale, che i bracci non siano aperti che a metà della loro corsa. Quest'angolo è generalmente di 30 gradi. Il moderatore

riceve il suo moto dall'asse del volante, sia da ruote d'ingranaggio, sia da carrucule con corregge. Variando le carrucule di queste trasmissioni, è facile dare al moderatore la sua velocità ordinaria di 35 a 40 giri per minuto.

635. La regola per dare alle palle del moderatore la velocità di 40 giri per minuto, consiste a moltiplicare la velocità dell'asse del volante in un minuto, pel diametro della carrucula montata sul volante, e dividere per la velocità dell'asse del moderatore; il quoziente sarà il diametro della carrucula a fissare su quest'asse.

ESEMPIO.

L'asse del volante di una macchina fa 20 giri per minuto, il diametro della carrucula fissata sopra è di o.m 45, determinare il diametro della carrucula, che montata sull'asse del moderatore, gli darà la velocità di 40 giri per minuto.

$$\frac{20 \times o.^{m}45}{40} = o.^{m}225.$$

636. *La forza centrifuga* di un corpo, di cui il peso è conosciuto, e che si muove con una velocità uniforme in un cerchio di diametro dato, ha una forza che si determina colla seguente:

*Regola*. Moltiplicate il quadrato del numero di rivoluzioni per minuto, pel diametro espresso in metri del cerchio descritto dal centro del corpo, dividete il prodotto pel numero costante 1789, ed il quoziente è la forza centrifuga di cui è capace l'unità di peso del corpo dato; moltiplicando dunque questo risultato pel peso totale del corpo, il prodotto esprimerà la forza centrifuga o il peso totale, che il corpo può sollevare in ragione di questa forza.

ESEMPIO.

Sia un moderatore di cui le palle pesano insieme 10.$^k$ 60, esse si muovono in un cerchio di 0.$^m$ 448 di diametro, con una velocità di 48 rivoluzioni per minuto; cercare il peso che esse possono sollevare.

$$(48)^2 = 2304$$

$$\frac{2304 \times 0.^m 448}{1789} = 0.^k 576, \text{ e}$$

0.$^k$ 576 × 10.$^k$ 60 = 6.$^k$ 10 peso, che le palle sollevano in ragione del loro proprio peso e della loro velocità.

637. La distanza del punto di sospensione al piano nel quale gira il centro delle palle, o meglio la lunghezza del pendolo, si troverebbe dalla seguente:

*Regola.* Dividete il numero costante 89478 pel quadrato del numero di rivoluzioni per minuto, il quoziente dà in centimetri l'altezza chiesta.

ESEMPIO.

Sia un moderatore di cui le palle fanno 40 rivoluzioni, quale sarà la lunghezza del pendolo?

$$(40)^2 = 1600$$

$$\frac{89478}{1600} = 56 \text{ centimetri.}$$

638. Il raggio del cerchio descritto dal centro delle palle, allorchè i bracci debbono formare un'angolo di 30 gradi colla verticale che passa per l'asse di sospensione, si ottiene dalla seguente:

*Regola.* Dividete il numero 103300 pel quadrato del numero di rivoluzioni per minuto, il quoziente sarà il diametro chiesto, e la metà esprimerà il raggio in centimetri.

ESEMPIO.

Supponiamo che la velocità delle palle del moderatore sia di 37 rivoluzioni per minuto

$$(37)^2 = 1369$$

$$\frac{103300}{1369} = 75.^c 46 \text{ diametro.}$$

$$\text{Lunghezza} = \frac{75.46}{2} = 37.^c 7.$$

639. Nel caso di un'angolo di 30.° la lunghezza dei bracci del pendolo, è giusto eguale al diametro del cerchio che essi descrivono.

Conoscendo la lunghezza de'bracci, e per conseguenza il diametro del cerchio descritto dalle palle, si trova il numero di rivoluzioni che devono fare per minuto colla seguente:

*Regola*. Dividete 103300 pel diametro in centimetri, ed estraetene la radice quadrata dal risultato, questa radice esprimerà il numero di rivoluzioni.

$$\sqrt{\frac{103300}{75.^c 46}} = 37 \text{ rivoluzioni delle palle per minuto.}$$

**VELOCITA' DE'PISTONI NELLE MACCHINE A VAPORE.**

640. Si fa percorrere generalmente a'pistoni delle macchine a vapore una corsa di 1 metro per secondo. Questa velocità di 1 metro per secondo, diventa minore nelle macchine un poco grandi.

641. Conoscendo la lunghezza della manuella, e per conseguenza il diametro del cerchio che descrive, è facile rendersi conto della corsa del pistone che è eguale a questo diametro.

642. Per calcolare la velocità del pistone per secondo, si esamina quanto il pistone fa di oscillazioni in un

minuto, si moltiplica questo numero per la lunghezza della corsa: il prodotto diviso per 60 dà la velocità del pistone per secondo.

ESEMPIO 1.°

Supponiamo una macchina di 12 cavalli, di cui il pistone batte 27 colpi per minuto, o fa 54 oscillazioni, con una corsa di 1.m 12 per oscillazione.

$$\frac{54 \times 1.12}{60} = 1 \text{ metro per secondo.}$$

ESEMPIO 2.°

Trovare la velocità per secondo del pistone di una macchina di 20 cavalli, di cui il numero di oscillazioni è 44 per minuto, e di cui la lunghezza di ciascuna oscillazione = 1.m 2.

$$\frac{44 \times 1.2}{60} = 0.^{m}88 \text{ per secondo.}$$

*Velocità di norma di alcune macchine a vapore.*

| FORZA in CAVALLI | NUMERO DI COLPI di PISTONE | NUMERO di OSCILLAZIONI |
|---|---|---|
| 10 | 28 | 56 |
| 12 | 27 | 54 |
| 16 | 25 | 50 |
| 20 | 22 | 44 |

**VOLANTI.**

643. L'impiego de'volanti è indispensabile nelle macchine a vapore ed altre macchine motrici; il loro scopo è di cumulare a spese della potenza la forza d'impulso che riceve dal moto della macchina, per indi restituirgliela nel momento in dove essa ne ha bisogno, per continuare il suo cammino con una conformità data da regole. Egli è facile vedere guardando il cammino di una macchina a vapore, che vi sono de'punti morti, cioè a dire de'punti dove la potenza sola del pistone sarebbe insufficiente per condurre il peso. In questo momento è che l'energia del volante ha una grande influenza, e che viene in ajuto alla potenza per sormontare questi ostacoli. Il suo principale scopo è dunque di regolarizzare l'azione della potenza, sia ajutandola per momenti e vincere i punti morti, sia diventando esso stesso una resistenza, quando il peso diventa ineguale. Come, per esempio, in una macchina a vapore destinata a produrre il moto a diverse macchine nello stesso tempo, se per causa di riparazione o altro, alcune macchine si fermano istantaneamente, la velocità della macchina sarebbe lungi di essere regolare, poichè il peso che avrebbe a trascinare diminuirebbe a scosse. È allora che l'energia del volante tende a regolarizzare questa velocità, per quanto variabile sia il peso, col suo impulso che diventa una costante resistenza.

644. Poncelet dà la formola seguente per determinare il peso che deve avere un volante, per una macchina a vapore di forza data ( a doppio effetto ).

$$P = \frac{4645 \times m \times N}{n \times V^2};$$

In questa formola P rappresenta il peso della quarta

parte del volante, N è la forza della macchina in cavalli, $n$ è il numero di rivoluzioni della manuella per minuto, V è la velocità media alla circonferenza del volante, cioè a dire quella che ha nel cammino regolare della macchina.

$m$ è un coefficiente che varia secondo che le macchine debbono avere più o meno regolarità.

$m$ deve eguagliare 20 nel primo caso, e solamente 10 nel caso di una regolarità mediocre.

645. Proponiamoci determinare il peso del volante di una macchina a vapore a doppio effetto della forza di 12 cavalli, di cui il cammino dev'essere regolare, il numero di rivoluzioni della manuella $= 27$ per minuto.

Se il raggio del volante $= 2$ metri, la sua circonferenza vale 12 metri circa, la sua velocità alla circonferenza o $V = \frac{27 \times 12}{60} = 5.^{m} 4$, e $V^2 = 29.^{mq} 16$.

Sostituendo nella formola i valori di $m$, $V^2$, $n$, ed N, diventa.

$$P = \frac{4645 \times 20 \times 12}{27 \times 29.^{mq} 16} = 1415.^{k}$$

Questo è il peso del volante di una macchina a doppio effetto, della forza di 12 cavalli.

646. Per le macchine a semplice effetto, cioè a dire, dove il vapore non agisce che sopra una faccia del pistone, il coefficiente numerico 4645 diventa 24324, cioè a dire che ogni condizione essendo eguale per una macchina a doppio o a semplice effetto, il peso del volante in quest'ultimo caso, dev'essere almeno cinque volte più considerabile.

647. Secondo Farey il rapporto medio dato da Watt per le sue macchine, tra l'energia del volante e quella della macchina era 3.25, cioè a dire che l'energia del

volante ( o il peso del volante pel quadrato della sua velocità alla circonferenza ), era 3.25 volte più grande dell'energia della potenza. Nelle macchine ad espansione, dove l'irregolarità è maggiore, questa energia del volante deve essere quattro volte quella della macchina.

648. Egli è sempre preferibile, in una macchina, di regolare moto, per quanto è possibile indipendentemente dall'impiego del volante, giacchè il peso del volante si ridurrebbe ad $^1/_4$, se la potenza fosse ripartita sopra i due bracci di una manuella doppia a semplice effetto, e non sarebbe più di $^1/_{10}$ se la potenza agirebbe sopra una manuella tripla.

649. Il peso di un volante secondo la formola precedente, è in ragione inversa del quadrato della sua velocità media, si potrà dunque diminuire questo peso aumentando proporzionatamente la sua velocità.

Nell'esempio precedente, se in vece di supporre la velocità dell'asse del volante eguale a quella di 27 giri per minuto come la manuella, le si dà per trasmissione una velocità di 36 giri, la velocità media del volante, conservandogli le stesse dimensioni, diventerà V $= \frac{36 \times 12}{60} = 7.^{m}2$ per secondo, e $V^2 = 51.^{mq}84$.

Sostituendo nella formola, si ottiene:

$$\frac{4645 \times 20 \times 12}{27 \times 51.84} = 796.^{k} \text{ circa.}$$

Così il quadrato della velocità media del volante, che era da prima eguale a $29.^{mq}16$, essendo divenuta eguale a $51.^{mq}84$, il peso del volante che era di $1415.^{k}$ è ridotto a $796.^{k}$

# CAPITOLO XX.

## MACCHINE A VAPORE, E CALCOLO DEL LORO EFFETTO UTILE.

650. L'azione del vapore in tutte le macchine di questo nome, consiste a premere alternativamente sopra una delle facce del pistone, per dargli un' impulso rettilineo di va-e-vieni, sia verticale o orizzontale, che si trasforma nelle macchine a bilanciere come in quelle a movimento diretto, in un moto circolare continuo dell'asse principale dello stabilimento.

651. Non vi sono che le macchine destinate a' travagli di diseccamento delle mine, che siano a semplice effetto, cioè a dire nelle quali il vapore non agisce che sopra una delle facce del pistone per sollevarlo, e dove l'oscillazione di discesa del pistone è dovuta al suo proprio peso, ed allo sforzo di un contropeso.

652. Tutte le altre macchine a vapore impiegate sono a doppio effetto, e si riassumono così:

1.° Macchine di Watt a bassa pressione, a condensazione, e senza espansione, ad un sol cilindro.

2.° Macchine di Woolf a media pressione con condensazione ed espansione a due cilindri;

3.° Macchine ad alta pressione con espansione, ma senza condensazione, ad un sol cilindro.

4.° Macchine ad alta pressione, senza espansione nè condensazione, ad un sol cilindro.

### COMPARAZIONE DI QUESTI DIVERSI SISTEMI, E LORO CONSUMI.

653. L'impiego delle macchine a bassa pressione è dovuto principalmente alla regolarità del loro cammino, ed alla facilità di conservare il loro buono stato di manutenzione. In queste macchine, il vapore all'uscita del cilindro è posto in contatto con una certa quantità di acqua, e la miscela liquida che ne risulta, non ha più che una temperatura di 40.° circa; questa trasformazione del vapore che chiamasi condensazione è importante, come si vedrà quì appresso, per facilitare il cammino della macchina. Il loro consumo è di 5 a 6 kilogrammi di carbon fossile per forza di cavallo e per ora, e consumano circa 1 metro cubo di acqua per la stessa forza e durante lo stesso tempo, per la condensazione e la produzione del vapore.

La loro facilità di manutenzione, ne rende l'impiego preferibile nelle località, dove si può avere l'acqua in grandissima quantità.

654. Le macchine a media pressione di Woolf sono a due cilindri di diverso diametro; il vapore agisce con tutta la sua forza nel più piccolo cilindro, indi passa nel grande cilindro dove occupa un volume maggiore senza cambiare temperatura: questa chiamasi espansione del vapore.

Il loro consumo in combustibile è circa 3 a 3 $^1/_2$ kilogrammi per forza di cavallo e per ora, e consumano nello stesso tempo e per forza di cavallo o.$^{mc}$600 di acqua, per la condensazione e produzione di vapore.

Il vantaggio che esse presentano sopra quelle di Watt, consiste nel poco combustibile che han di bisogno; per cui il loro impiego è preferibile ne' luoghi dove il car-

bon fossile costa molto. Queste macchine hanno una tendenza, per la costruzione de' loro pezzi a guastarsi spesso, ed esigono più cura di quelle di Watt.

655. Le macchine ad alta pressione, ed espansione e senza condensazione, sono generalmente impiegate ne' laboratori per dar moto agli utenzili. Queste macchine sono ad un sol cilindro; il vapore non agisce tutto intiero che durante una parte della corsa; si espande nell' altra parte.

Non consuma che pochissima acqua, giachè non vi è condensazione; il vapore uscendo dal cilindro si spande nell' aria. Non ha bisogno di acqua, se non se quella necessaria all' alimento della caldaja. Il loro consumo in combustibile è di 4 a 5 kilogrammi per forza di cavallo e per ora.

656. Le macchine ad alta pressione senza espansione e senza condensazione, sono di un prezzo meno elevato di compra, vista la semplicità della loro costruzione: esse sono principalmente in uso per le locomotive, perchè esse non hanno bisogno di trasportare che la sola acqua necessaria all'alimento; ma il loro consumo in combustibile è di 7 a 8 kilogrammi per forza di cavallo e per ora, a causa dell' alta temperatura colla quale queste macchine travagliano. Il vapore uscendo da' cilindri si spande direttamente nell' aria; questa comunicazione del cilindro con l' aria esterna produce, in senso contrario della potenza del vapore, una pressione di 1 atmosfera, o 1.k 033 per centimetro quadrato; così se vi sono 8 atmosfere di tensione nel cilindro, non bisogna contare che sopra 7 atmosfere, come forza motrice sul pistone.

### CONDENSAZIONE DEL VAPORE.

657. Il vapore si condensa quando si mette in contatto coll' acqua fredda. In questa trasformazione l' acqua si riscalda sensibilmente a spese del vapore, e la miscela liquida prende una temperatura media.

658. Veniamo di conoscere che nelle macchine a condensazione, il vapore all' uscita del cilindro è posto in contatto con una certa quantità di acqua, e forma una miscela che conserva una temperatura media, generalmente di 40.° centigradi. Per questo abbassamento di temperatura del vapore all' uscita del cilindro, il pistone prova nel senso contrario del suo cammino una resistenza assai minore, che quando il vapore si rende immediatamente nell'aria; perchè in vece di un'atmosfera di pressione, o 1.k033 per centimetro quadrato, che bisognerebbe sottrarre dalla pressione del vapore sul pistone, non è più che una pressione valutata eguale a 0.k 15 per centimetro quadrato.

### CALCOLO DELLA QUANTITA' DI ACQUA FREDDA NECESSARIA A CONDENSARE IL VAPORE.

659. Il numero di calorìe, o di unità di calore contenenute in un dato peso di vapore, si determina colla seguente :

*Regola.* Moltiplicate il peso di vapore in kilogrammi pel numero 550, al quale aggiungasi la temperatura in gradi centigradi del vapore, ed il prodotto dà il numero di calorìe.

Così il peso del vapore essendo di 12 kilogrammi e la temperatura sua eguale a 115.°

Il numero di calorìe è dato da 12 (550 + 115) = 7980 calorie.

Essendo dato;

1.° Il peso del vapore a condensare;

2.° La sua temperatura;

3.° La temperatura dell' acqua fredda;

4.° La temperatura che deve avere la miscela condensata;

Si determina la quantità di acqua necessaria alla condensazione colla seguente;

*Regola.* Moltiplicate il peso del vapore dato pel numero 550, al quale aggiungete la differenza tra la temperatura del vapore e quella della miscela, e dividete il tutto per la differenza tra la temperatura della miscela e quella dell' acqua. Il quoziente dà il peso di acqua da impiegare.

ESEMPIO.

Il peso del vapore dato = 15.ᵏ La sua temperatura = 150.° centigradi. La temperatura dell' acqua fredda = 12.° La temperatura della miscela deve avere 40.° Cercare il peso dell' acqua per ottenere questa condensazione.

$$15 \times \frac{550 + 150 - 40}{40 - 12} = 353.^k 57$$, o litri peso di acqua da injettare.

660. Se si chiedesse il peso di vapore ad una temperatura data, che bisogna condensare in un tino di acqua misurando 1.ᵐᶜ 5, o 1500.ᵏ di acqua, purchè la miscela acquisti una temperatura di 70.°, si seguirebbe la seguente:

*Regola.* Moltiplicate il peso dato dell' acqua fredda, per la differenza tra la temperatura della miscela e quella dell' acqua, e dividete questo prodotto pel numero 550 aumentato della differenza tra la temperatura del vapore

e quella dell'acqua, il quoziente dà il peso del vapore necessario.

In questo problema la temperatura del vapore essendo supposta di 145.°

$$\text{Si ha} \quad \frac{1500.^{l}\,(70-12)}{550+145.^{\circ}-12} = 127.^{l}\,35.$$

Questo è il peso del vapore a 145.°, capace di condensare 1500 litri di acqua di 12.° ad una miscela di 70.°

### TROMBA DI CISTERNA, TROMBA ALIMENTARIA, TROMBA AD ARIA.

661. Distinguonsi in una macchina a vapore tre trombe differenti.

1.° La tromba di cisterna o di acqua fredda, che aspira l'acqua da una cisterna o da un serbatojo sotterraneo;

2.° La tromba alimentaria che attinge l'acqua di condensazione in una vasca in comunicazione col condensatore, per rimpiazzare nella caldaja quella che è convertita in vapore;

3.° La tromba ad aria che sottrae a ciascun colpo di pistone la miscela condensata. Queste trombe ricevono direttamente il loro moto dal bilanciere.

### DIAMETRO DELLA TROMBA DA CISTERNA.

662. La tromba da cisterna è destinata a fornire l'acqua necessaria alla condensazione, ed all'alimento della caldaja.

I signori Grouvelle e Jounez, credono che nelle macchine a media pressione di Woolf, questo doppio consumo si eleva a 10 litri, o 10.$^{l}$ di acqua per forza di

cavallo e per minuto, e per ora a 600.$^{k}$; e che nelle macchine a bassa pressione di Watt, questo consumo va da 17 a 18.$^{k}$ di acqua per forza di cavallo, e per minuto, sia un metro cubo per ora. (1)

663. Secondo questi dati è facile calcolare in una macchina a vapore di una forza e di un sistema conosciuto, il diametro della tromba da cisterna.

Sia una macchina del sistema di Woolf della forza di 12 cavalli, facendo 27 rivoluzioni per minuto

$$\frac{12 \times 10}{27} = 4.^{l}44.$$

capacità della tromba, o quantità a fornire per colpo di pistone.

La corsa della tromba essendo eguale a $0.^{m}24$, il diametro sarà determinato dalla seguente:

*Regola*. Moltiplicate il numero 1.273 pel consumo in metri cubi, dividete questo prodotto per la corsa del pistone, e la radice quadrata dà il diametro della tromba.

Così per l'esempio di cui trattasi si ha:

$$D = \sqrt{\frac{1.273 \times 0.^{mc}00444}{0.^{m}24}} = 0.^{m}15.$$

664. La velocità più conveniente a dare a' pistoni delle trombe da cisterna, è di $0.^{m}30$, o $0.^{m}40$ per secondo. Il diametro de' tubi di aspirazione dev' essere di $0.^{m}08$ circa, come pure quello de' tubi di compressione.

Ma per ottenere $4.^{lit}44$ di acqua per secondo, bisogna contare $^{1}/_{10}$ di consumo in più, a causa degli attriti e

---

(1) *Conoscendo d' altronde il consumo di vapore per colpo di pistone, e la sua temperatura, si determinerebbe la quantità di acqua necessaria alla condensazione, colle regole date nell' articolo condensazione.*

perdite di acqua dovute alle contrazioni; così in vece di prendere $4.^{lit}44$, bisogna basarsi sopra un consumo di 5 litri per secondo, poi calcolare come indica la regola, ed il diametro avrebbe un maggior valore.

### DIAMETRO DELLA TROMBA ALIMENTARIA.

665. La tromba alimentaria deve fornire continuamente alla caldaja, perchè il livello sia costante, una quantità di acqua eguale a quella che si è trasformata in vapore; ma si deve disporre tanto grande, quanto potere al bisogno spingere l'alimento al di sopra dello stato di norma. La quantità di acqua che è introdotta nella caldaja, è regolata da un rubinetto situato nel tubo di aspirazione.

666. La capacità della tromba alimentaria, si determina generalmente dalla quantità di combustibile bruciato.

Così nella macchina di Woolf della forza di 12 cavalli, calcolando che un cavallo vapore consuma per ora $3.^{k}\,1/2$ di carbone, vi sarà pe' 12 cavalli un consumo di 42 kilogrammi.

Ora $1.^{k}$ di carbone produce $6.^{k}$ di vapore, ed i $42.^{k}$ produrranno $252.^{k}$ di vapore per ora, e per minuto

$$\frac{252}{60} = 4.^{k}2\text{, o } 4.^{lit}2$$

La macchina dando 27 colpi di pistone per minuto, la quantità di vapore consumato per colpo di pistone =

$$\frac{4.^{lit}2}{27} = 0.^{lit}155\text{, o } 0.^{mc}000155$$ che è nello stesso tempo la capacità della tromba alimentaria.

Avendo il consumo, il diametro della tromba di cui la corsa del pistone $= 0.^{m}18$, si determina dalla regola data precedentemente, e diventa

$$D = \sqrt{\frac{1.273 \times 0.^{mc}000155}{0.18}} = 0.^{m}036.$$

Superficie del pistone = 0.785 × 1225 = 960 centimetri quadrati, la tensione del vapore sul pistone equivale per centimetro quadrato a 1.$^{k}$033, ma bisogna togliere da questa pressione quella del vapore condensato a 40.°, che si oppone al cammino del pistone e che è stimato a 0.$^{k}$15 per centimetro quadrato. La vera pressione non sarà dunque più che 1.$^{k}$033 — 0.15, o soltanto 0.$^{k}$833 per centimetro quadrato, e su tutta la superficie del pistone sarà di 960 × 0.883 = 847.$^{k}$68. La corsa del pistone per secondo essendo 0.$^{m}$95, 847.$^{k}$68 × 0.95 = 805.$^{km}$296; questo è l'effetto teorico del travaglio della macchina.

670. Costumasi valutare questa forza in cavalli vapore; si stima che la forza di un cavallo vapore, è capace produrre per secondo un travaglio di 75 kilogrametri; così dividendo 805.$^{km}$296 per 75, il quoziente 10.73 indica la forza teorica della macchina in cavalli vapore.

671. In pratica una macchina a vapore in buono stato di manutenzione, non rende termine medio, che 0.55 dell'effetto teorico per le macchine da sotto di 12 cavalli, e 0.60 per le macchine più grandi.

In questo esempio la vera forza della macchina, non sarà dunque che 10.$^{cav}$73 × 0.55 = 5.$^{cav}$9.

672. Per valutare la forza di una macchina ad alta pressione, senza espansione nè condensazione, cioè a dire il vapore perdendosi nell'aria all'uscita del cilindro, si osserva che vi è la tensione di un'atmosfera perduta, per equilibrare quella dell'aria, e si segue la seguente:

*Regola.* Moltiplicate la superficie del pistone in centimetri quadrati per la pressione sopra un centimetro, determinata dal numero di atmosfere meno 1 del vapore, e per la velocità del pistone in un secondo; dividete questo prodotto per 75, avrete la forza teorica in

cavalli; moltiplicate questo risultato pel coefficiente 0.55, o 0.60; ed avrete l'effetto utile in cavalli vapore.

ESEMPIO.

Sia una macchina ad alta pressione, senza espansione nè condensazione, di cui il diametro del pistone ha 56 centimetri con una velocità di 1.$^{m}$ 1 per secondo, la tensione del vapore nella caldaja essendo eguale a 4.$^{at}$ 6, determinare la sua forza utile in cavalli.

$$\frac{(0.785 \times 56)^2 \times 1.^{m}1 \times 3.^{at}6}{75} = 102.^{cav} \text{ teorici, e}$$

0.60 × 102 = 61 cavalli vapore, forza effettiva (1).

673. Allorchè si vuole stabilire una macchina a vapore di un sistema e di una forza data in cavalli, il problema a risolversi consiste a determinare le dimensioni del cilindro, e se la velocità del pistone è data, non resta che a trovare il diametro; vi si giunge colla seguente:

*Regola*. Effettuite il prodotto della forza in cavalli per 75, e dividete pel coefficiente 0.47 moltiplicato per la tensione in atmosfere meno 1 e per la corsa del pistone; la radice quadrata del quoziente è il diametro interno del cilindro a vapore.

$$D = \sqrt{\frac{78 \times 75}{0.47 \times 3.^{at}6 \times 1.^{m}1}} = 56 \text{ centimetri.}$$

(1) *Per calcolare l'effetto utile di una macchina a semplice effetto, dove il vapore agisce da un sol lato del pistone, il consumo a condizioni eguali è metà più piccolo, e per conseguenza l'effetto utile non dev'essere calcolato che metà; così in questo esempio la forza effettiva sarebbe di 35 cavalli vapore circa.*

674. Col mezzo di queste due regole, si perverrà a determinare approssimativamente la forza di una macchina a vapore ad alta pressione, senza espansione nè condensazione, di cui il diametro è dato, o reciprocamente a trovare il diametro che deve avere un cilindro di macchina a vapore, per produrre una forza data.

## CALCOLO DELLE MACCHINE AD ESPANSIONE A DUE O AD UN CILINDRO.

675. Nelle macchine ad espansione, la valutazione del loro effetto utile, conduce a calcoli un poco più lunghi.

676. Si sà che in queste macchine il vapore agisce pieno colla tensione che ha nella caldaja, su tutta la superficie del pistone, ma soltanto durante una parte della sua corsa. Da questo momento si chiude con un meccanismo il rubinetto d' introduzione, ed il vapore che viene di essere condotto nel cilindro, deve far percorrere al pistone il rimanente della sua corsa; il vapore che non occupava che uno spazio limitato dalla porzione della corsa del pistone, occupa uno spazio sempre più grande, e si dice allora di espandersi, e la sua tensione o la sua forza elastica, decresce proporzionatamente allo spazio occupato dal vapore.

Cioè a dire che se per esempio P ci rappresenta la pressione di un certo volume di vapore $v$, queste due quantità formano un prodotto che è costante, se il volume $v$ diventa $2v$, la pressione diventa $\frac{P}{2}$; se il vovolume diventa $3.v$, la pressione diventa $\frac{P}{3}$, o

$$Pv = \frac{P}{2} \times 2v = \frac{P}{3} \times 3v = \frac{P}{4} \times 4v = \frac{P}{5} \times 5v$$

*

Queste diverse eguaglianze rivengono sempre alla prima, poichè i fattori moltiplicano e dividono nello stesso tempo ciascuna di esse.

677. Su questo principio Poncelet ha stabilito i calcoli di una macchina ad espansione, di cui i dati sono i seguenti:

Sia una macchina ad espansione, di cui il diametro del cilindro è eguale a o.m 80, la corsa totale del pistone = 1.m 44, e la parte di corsa dove il vapore senza espansione = o.m 32. A partire da questa porzione della corsa, il vapore si espande in una lunghezza di 1.m 44 — o.m 32 = 1.m 12. Al termine di questa corsa il vapore occuperà un volume 4 ½ volte più grande, di fatti o.32 × 4.5 = 1.44, e si dice che il vapore è ad espansione di 4 volte ½.

678. Cerchiamo la somma delle pressioni, che il vapore esercita a' differenti punti durante questa espansione.

Nella prima parte della corsa o.m 32 la quantità di travaglio si calcola come precedentemente, dalla superficie del pistone, moltiplicando la pressione per centimetro quadrato, e la corsa.

La superficie del pistone = 5026.cq; la pressione del vapore nella caldaja = 4.at 5; togliamone un' atmosfera restano 3.at 5, di cui la pressione per centimetro quadrato = 3.at 5 × 1.k 033 = 3.k 62, e sopra la superficie 5026.cq del pistone = 18194.k Questa pressione moltiplicata per la corsa o.32, dà per travaglio del vapore 5822.km circa

Dividendo il resto della corsa 1.m 12 in un numero qualunque pari, 4 per esempio, di porzioni eguali, la corsa per ciascuna divisione = o.m 28, ed osservando che si ottiene sempre la pressione del vapore espaso, dividendo la pressione primitiva pel rapporto, tra il volume primitivo ed il nuovo volume, si può formare il seguente

quadro degli spazi percorsi dal pistone, e delle pressioni corrispondenti a' diversi punti di divisione.

Posizione de' pistoni in

$$\frac{a}{32} \quad \frac{b}{60} \quad \frac{c}{88} \quad \frac{d}{116} \quad \frac{e}{144}$$

Pressione corrispondente

$$P \quad \frac{32}{60}P \quad \frac{32}{88}P \quad \frac{32}{116}P \quad \frac{32}{144}P$$

dove operando il calcolo

18194.$^k$o — 9703.$^k$5 — 6616.$^k$o — 5019.$^k$o — 4043.$^k$o

Numeri delle pressioni

1 2 3 4 5

Queste sono le pressioni corrispondenti a' punti di divisione. Per ottenere le quantità di travaglio, si osserva che le pressioni presentano le ordinate di una curva, di cui le distanze sono le vie percorse in ogni istante. Si sommano dunque insieme:

Le espressioni estreme . . . $\left.\begin{matrix}18194.0\\4043.0\end{matrix}\right\} = 22237.0$

Due volte la somma delle pressioni di rango impari. . . . . . . . . . . $2 \times 6616.0 = 13232.0$

Quattro volte la somma delle pressioni di rango pari $4\ (9703.5 + 5019.0)$ . . . = 58890.0

Totale 94359.0

Indi si moltiplica per lo spazio 0.28 compreso tra le quattro divisioni, e si ottiene 26420 di cui si prende $^1/_3$, lo che dà 8807.$^{km}$, che è la quantità di travaglio sviluppato dal vapore durante l'espansione, aggiungendovi la quantità di travaglio del vapore agendo in piena pressione durante o.$^m$32 della corsa, e che eguaglia 5822.$^k$ Il travaglio totale della macchina = 14629.$^{km}$

Questi calcoli sono un poco complicati, ma in pratica si può ottenere un risultato approssimativo, dividendo lo

spazio della espansione in 2 parti soltanto, e si troverebbe $\frac{1}{3} \times 0.56\,(18194 + 4043 + 4 \times 6616) = 9091$.

Si aggiunge egualmente questo travaglio a quello del vapore senza espansione 5822.[k], il travaglio totale diventa allora 14913.[km], e l'effetto teorico in cavalli

$$\frac{14913}{75} = 198.^{cav}\,8.$$

L'effetto utile si ottiene $= 0.60 \times 198.8 = 119$ cavalli. (1)

## VALUTAZIONE DEL CONSUMO IN VAPORE ED IN COMBUSTIBILE.

679. Supponiamo una macchina della forza di 30 cavalli ad espansione; il vapore è intercettato ad $\frac{1}{5}$ della corsa del pistone; il vapore giunge nel cilindro ad una tensione di 6 atmosfere; ne esce con una pressione di 1 atmosfera. Il diametro del cilindro $= 50.^c$; la corsa del pistone $= 1.^m$; percui $\frac{1}{5}$ della corsa $= 20.^c$ Il volume del vapore consumato in un colpo semplice del pistone $= 0.783 \times 50^2 \times 20 = 39.15$, o $39.^{lit}\,15$.

La macchina dà 30 colpi doppî di pistone per minuto, la quantità di vapore consumato in questo tempo $= 60 \times 39.15 = 2349$ litri, e per ora $= 140940$ litri.

Ora un metro cubo di vapore a 100.° o alla tensione dell'atmosfera pesa $0.^k\,5894$; dunque ad una tensione di

---

(1) *Si calcolerebbe della stessa maniera il travaglio sviluppato dal vapore in una macchina di Woolf a due cilindri; quì il vapore giunge pieno durante tutta la corsa del piccolo pistone, e si espande nel grande. È dunque il rapporto tra le capacità de' due cilindri, che determina la portata dell'espansione.*

6 atmosfere 1 metro cubo peserà 3.$^k$ 5364, ed 1 litro solamente o.$^k$ oo354; i 140940 litri peseranno 499.$^k$ Questo è il peso del vapore consumato per ora.

680. In tal modo la regola per determinare il consumo del vapore per ora, consiste a moltiplicare il volume del cilindro (se la macchina è senza espansione) o solamente la parte del volume del cilindro, dove giunge il vapore a piena pressione in una macchina ad espansione, per lo spazio percorso dal pistone in un'ora, e per la pressione del vapore.

ESEMPIO 1.°

Conoscendo il peso del vapore consumato in un'ora, per esempio, dividendo questo peso per 6.$^k$, che è la quantità del vapore che fornisce in un buon fornello 1.$^k$ di carbon fossile per ora, il quoziente $\frac{499}{6} = 83.^k$ dà il consumo in combustibile nel medesimo tempo.

Il numero di cavalli della macchina essendo anche dato, dividendo il consumo totale pel numero di cavalli $\frac{83.^k}{30}$ il quoziente 2.$^k$7, esprime il consumo in combustibile per forza di cavallo e per ora. L'espansione come si vede economizza considerevolmente il consumo del combustibile, ma non bisogna giammai spingerla più oltre di 4 o 5 volte il volume primitivo, giacchè la forza della macchina s'indebolirebbe, ed il suo cammino non è più così regolare. Anche in una macchina ad espansione, si trovano nell'obbligo avere de' volanti, di cui l'energia è più considerabile comparativamente a quelle macchine a piena pressione.

ESEMPIO 2.°

Determinare il consumo in vapore ed in combustibile di una macchina a vapore di 6 cavalli ad espansione $^1/_2$ e senza condensazione, la sua tensione essendo di 4 atmosfere, il diametro del cilindro = 28 centimetri, la corsa del pistone è di 54 centimetri, numero di colpi = 40, superficie del cilindro = 615.$^c$75.

Volume del vapore durante la $^1/_2$ corsa di 27 centimetri = 615.$^c$75 × 0.27 = 16.$^{lit}$625 di vapore per semplice colpo di pistone.

E per minuto = 16.$^{lit}$625 × 80 = 1330 litri.

La pressione del vapore essendo di 4 atmosfere, il peso di un metro cubo di vapore a questa pressione = 4 × 0.5894 = 2.$^k$36, e quello di un litro = 0.$^k$00236, di cui il peso de' 1330.$^{lit}$ = 1330 × 0.$^k$00236 = 3.$^k$14 peso del vapore consumato in un minuto, e per ora = 3.$^k$14 × 60 = 188.$^k$40.

Ora un kilogrammo di carbon fossile produce 6.$^k$ di vapore, e $\frac{188.4}{6}$ = 31.$^k$4 pel consumo di combustibile de'6 cavalli, e per 1 cavallo e per ora sarà di $\frac{31.4}{6}$ = 5.$^k$2 circa.

**FRENO DI PRONY.**

681. La valutazione della forza delle macchine a vapore e di ogni altra forza motrice, si verifica generalmente coll'ajuto del freno di Prony. Questo freno presentava da principio nella sua applicazione, talune difficoltà che sono state subito superate dalle buone disposizioni, che gli hanno dato de' costruttori distinti.

682. L'impiego del freno che è fondato sull'equilibrio dell'attrito e del peso a sollevare, consiste a fissare di

un modo invariabile sull'asse principale dello stabilimento direttamente in comunicazione colla macchina, una carrucula o tamburo. Si abbraccia di poi il guscio di questa carrucula con due mascellari, di cui la strettezza sulla carrucula è aumentata a piacere con de' perni con scrofole ad orecchielle. Uno de' mascellari, quello inferiore porta una lunga leva all'estremo della quale è sospeso un disco con de' pesi. Si sà con anticipazione la forza per la quale la macchina è stata data, non si ha che a caricare il disco de' pesi necessarî, perchè questa carica combinata col braccio della leva, dia un prodotto eguale a quello della forza della macchina.

683. Allorchè la macchina è in moto colla sua velocità di norma, si stringono le scrofole che premono i mascellari sul guscio della carrucula, fino al momento dove l'attrito diventa tanto considerevole, perchè la leva caricata sia rilevata e si tenga in equilibrio. A misura che l'attrito aumenta, la velocità della macchina diminuisce; si apre allora il rubinetto di distribuzione per ricondurre la macchina alla sua velocità. Al termine di un certo tempo, quando la leva resta in equilibrio; cioè a dire che l'attrito del collaretto sull'asse fa equilibrio al peso della leva, tutto avendo la propria velocità ordinaria, si ha allora la certezza che la macchina sviluppa la forza per la quale era stata consegnata.

684. Citeremo un'esempio dell'applicazione del freno fatto a Mulhouse, da'signori Meyer e Compagni, sopra una macchina di 15 cavalli, senza bilanciere, ad un sol cilindro, senza condensazione e ad espansione variabile.

La tensione del vapore nella caldaja si è mantenuta a 4 atmosfere; il diametro del cilindro era di 357 millimetri, e la corsa del pistone eguale ad 1 metro.

Il vapore all' uscita del cilindro si rendeva in delle tine di tinta, e si crede che vi era in senso inverso del cammino del pistone una resistenza di $^1/_4$ atmosfera, dovuta alla temperatura dell' acqua della tinta.

La velocità ordinaria della macchina era di 29 giri per minuto.

La lunghezza del raggio della leva del freno era di $4.^m 035$.

Il peso sostenuto dal disco attaccato alla leva era di $96.^k 25$.

Partendo da' dati precedenti, si trova che la forza della macchina è rappresentato da:

$$\frac{4.^m 035 \times 2 \times 3.1416 \times 29 \times 96.25}{60 \times 75} = 15.^{cav} 7257.$$

La regola per determinare questa forza consiste a specificare la circonferenza del cerchio descritto dalla leva, cioè a dire ad effetture il prodotto di $4.035 \times 2 \times 3.1416 = 25.^m 3$; poi di moltiplicare questo risultato pel numero di giri 29 della manuella in 1 minuto, e pel peso 96.25; in fine dividere per 60, per avere il risultato del travaglio per secondo, e per 75 perchè questo travaglio sia espresso in cavalli.

685. Per regolare con anticipazione il peso che deve fare equilibrio alla forza della macchina, conoscendo la lunghezza del braccio di leva, e la forza in cavalli, la formola precedente permette determinarlo, stabilendo la seguente:

*Regola.* Moltiplicate la forza in cavalli per 75 e per 60, dividete questo prodotto per la circonferenza della leva, e pel numero di rivoluzioni per minuto, il quoziente è il peso cercato. Così

$$\frac{15.^{cav} 72 \times 75 \times 60}{25.^m 3 \times 29} = 96.^k 25$$

Questo è il peso netto a situare nel disco, dopo avere tuttavia contro-bilanciato il peso del freno, coll'ajuto del secondo disco, che agisce in senso inverso di questo peso.

686. L'esperienza è durata 10 ore 51; ed il consumo di carbon fossile, che era di una qualità molto ordinaria è asceso a 800 kilogrammi, lo che dà la formola $\frac{800}{10.51 \times 15.72}$, col mezzo della quale si trova che il consumo per ora e per forza di cavallo, è stato di 4.k8 circa.

Consumo che si trova medio per le macchine di questo sistema.

Il freno ha servito all'esperienza, essendo quello che possiede tutte le condizioni favorevoli alla sua applicazione, è rappresentato fig. 101.

687 La carrucula A di ferro fuso, sulla quale si opera l'attrito, è in due parti aggiustata una sopra l'altra di una maniera invariabile per non alterarsi, è piena e rafforzata da' rinforzi.

I mascellari sono composti di panconi di legname di acero, riuniti con ferrature, e perni.

688. La superficie stropicciante della carrucula è di 1.m 193. Questa superficie è costantemente alimentata dalla tinozza di una soluzione di sapone e di acqua, che è preferibile all'olio ed al grasso di porco, per opporsi al riscaldamento delle parti stropiccianti.

Un sol'uomo è stato sufficiente per la manovra del freno, che consiste a stringere le scrofole ad orecchielle.

All'estremo della leva è fissato un disco che serve di contropeso all'apparecchio, di maniera a rendere il calcolo de' pesi e della leva del tutto indipendente dal peso dell'apparecchio, e rappresentando esattamente la forza intrinseca della macchina.

## AVVERTIMENTO.

Crediamo utile mettere sotto l'occhio de'nostri lettori i calcoli di tre macchine a vapore a differenti pressioni, ricavati dalle più accreditate opere di questo genere.

---

### CALCOLI E DATI PRATICI SULLE MACCHINE A VAPORE AD ESPANSIONE.

689. Nello indicare le principali dimensioni di una macchina a vapore, determineremo teoricamente le forze che essa può trasmettere camminando a differenti pressioni, e a differenti gradi di espansione.

Il diametro del cilindro $= 0.^{m}\,275$.

La corsa del pistone $= 0.^{m}\,680$.

La sua superficie $= 0.^{mq}\,0594$.

Numero di colpi doppi per minuto $= 40$.

Supponiamo da prima, che la pressione del vapore giungendo nel cilindro si mantenga a 5 atmosfere, e che si voglia espandere durante i $^{3}/_{4}$ della corsa del pistone, cioè a dire che il vapore non giunge nel cilindro, che durante il primo quarto della corsa.

690. Questa pressione di 5 atmosfere, è eguale a $5 \times 1.033 = 5.^{k}\,165$ per centimetro quadrato; per conseguenza la pressione totale esercitata sulla superficie del pistone è di

$$5.165 \times 594.^{c} = 3068.^{k}$$

E poichè ha percorso con questa pressione uno spazio eguale al quarto della corsa, o

$$\frac{0.^{m}\,680}{4} = 0.^{m}\,170.$$

egli è teoricamente parlando, capace di trasmettere una quantità di travaglio espresso da

$$3068.^{k} \times 0.^{m}17 = 521.^{km}56.$$

Dividiamo la lunghezza $0.^{m}51$, o i $^{3}/_{4}$ della corsa in un numero pari di parti eguali, in quattro per esempio, ciascuna di esse sarà eguale a $\frac{0.51}{4} = 0.^{m}1275$.

691. Ora si conosce, secondo la legge di Mariotte, che i volumi successivamente occupati da una stessa quantità di gas, sono in ragione inversa della sua forza di pressione, ammettendo tuttavia che questo gas non cambia stato, questo principio può essere riguardato come esatto nelle macchine a vapore, poichè l'espansione non vi è giammai spinta troppo oltre, e perchè il vapore traversa i cilindri con molta rapidità, vi si rinnova frequentemente, li mantiene dopo qualche tempo ad una temperatura di poco differente da quella che esso stesso possiede. Designando con P la pressione $3068^{k}$ trovata al primo quarto della corsa, si potranno dunque stabilire le seguenti relazioni.

Ai punti 1 2 3 4 5
$= 0.^{m}170 \quad 0.^{m}2975 \quad 0.^{m}425 \quad 0.^{m}5525 \quad 0.^{m}680$
per ciascuno degli spazi percorsi.

Le pressioni corrispondenti essendo

$$= P, \frac{0.1700}{0.2975} P, \frac{0.170}{0.425} P, \frac{0.1700}{0.5525} P, \frac{0.170}{0.680} P$$

$$o = 3068.^{k} \quad 1764.^{k} \quad 1227.^{k} \quad 944.^{k} \quad 767.^{k}$$

Si ha dunque secondo il metodo del geometra inglese Tommaso Simpson

la somma delle pressioni estreme $= 3068 + 767 =$ $3835.^{k}$
2 volte quelle delle altre pressioni impari
. . . . . . . . . . . $= 2 \times 1227 =$ 2454
4 volte quelle delle pressioni pari $= 4\,(1764 + 944) =$ 10832
Totale $17121.^{k}$

Prendendo il terzo di questa quantità, e moltiplicando per o.$^{m}$ 1275, si avrà il travaglio prodotto durante l'espansione,

$$\frac{17121.^{k} \times 0.1275}{3} = 727.^{km}64$$

Aggiungendo a questo travaglio quello $= 521.^{km}56$ prodotto prima dell'espansione, si ha pel travaglio totale, prodotto dal vapore durante la intiera corsa del pistone,

$$1249.^{km}20$$

Deducendo ora da questo travaglio l'effetto della pressione atmosferica, che si oppone al movimento del pistone durante tutta la corsa, e che è eguale a

$$1.^{k}033 \times 594.^{cq} \times 0.^{m}68 = 417.^{km}25.$$

Resta pel travaglio effettivo del pistone:

$$1249.20 - 417.25 = 832.^{km} \text{ circa}$$

per colpo di pistone, e siccome questo deve dare 40 colpi doppi o 80 colpi semplici per minuto, il travaglio effettivo per minuto diventa

$$832 \times 80 = 56560.^{km}$$

692. Si può giungere a calcolare questo travaglio della macchina, ed in generale di tutte le macchine a vapore ad espansione, di un modo più semplice, coll'ajuto di una tavola costruita come l'ha proposto Poncelet nella sua meccanica industriale, secondo il principio, che allora quando un volume dato di vapore ad una tensione determinata, si espande di una stessa quantità, sviluppa sempre la medesima quantità di travaglio.

La tavola data da Poncelet, è stata formata prendendo per base de' calcoli il travaglio per un metro cubo di vapore, agendo ad un'atmosfera di pressione sopra un pistone di un metro quadrato di superficie. Abbiamo creduto doverla completare aggiungendovi le quantità di travaglio prodotto a delle differenti pressioni, da 1 fino a 6 atmosfere.

# TAVOLA

*Delle quantità di travaglio prodotte sotto differenti espansioni di 1 metro cubo di vapore a diverse tensioni.*

| VOLUME dopo l'ESPANSIONE | QUANTITA' DI TRAVAGLIO IN KILOGRAMETRI CORRISPONDENTE PER LE TENSIONI DI | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 atm. | 1½ atm | 2 atm. | 2½ atm | 3 atm. | 3½ atm | 4 atm. | 4½ atm. | 5 atm. | 5½ atm. | 6 atm. |
| 1.me 00 | 10333 | 15500 | 20666 | 25833 | 31000 | 36166 | 41333 | 46500 | 51666 | 56833 | 62000 |
| 1. 25 | 12639 | 18958 | 25278 | 31597 | 37917 | 44236 | 50556 | 56875 | 63195 | 69514 | 75834 |
| 1. 50 | 14523 | 21784 | 29046 | 36257 | 43569 | 50830 | 58092 | 65303 | 72615 | 79876 | 87138 |
| 1. 75 | 16116 | 24174 | 32232 | 40290 | 48348 | 56406 | 64464 | 72522 | 80580 | 88638 | 96696 |
| 2. 00 | 17496 | 26244 | 34992 | 43740 | 52488 | 61236 | 69984 | 78732 | 87480 | 96228 | 104976 |
| 2. 25 | 18713 | 28069 | 37426 | 46782 | 56139 | 65495 | 74852 | 83208 | 93565 | 102921 | 112278 |
| 2. 50 | 19802 | 29703 | 39604 | 49505 | 59406 | 69307 | 79028 | 89109 | 99010 | 108911 | 118812 |
| 2. 75 | 20787 | 31180 | 41574 | 51967 | 62361 | 72754 | 83148 | 93541 | 103935 | 114328 | 124722 |
| 3. 00 | 21686 | 32529 | 43372 | 54215 | 63058 | 75901 | 86744 | 97587 | 108430 | 119273 | 130116 |
| 3. 25 | 22513 | 33769 | 45026 | 56282 | 67539 | 78795 | 90052 | 101308 | 112565 | 123821 | 135078 |
| 3. 50 | 23379 | 34918 | 46558 | 58197 | 69837 | 81476 | 93116 | 104755 | 116395 | 128034 | 139674 |
| 3. 75 | 23992 | 35988 | 47984 | 59980 | 71976 | 83972 | 95968 | 107964 | 119960 | 131956 | 143952 |
| 4. 00 | 24658 | 36987 | 49316 | 61645 | 73974 | 86303 | 98632 | 110961 | 123290 | 135619 | 147948 |
| 4. 25 | 25285 | 37927 | 50570 | 63212 | 75855 | 88497 | 101140 | 113782 | 126425 | 139067 | 151710 |
| 4. 50 | 25875 | 38812 | 51750 | 64687 | 77625 | 90562 | 103500 | 116437 | 129375 | 142312 | 155250 |
| 4. 75 | 26434 | 39651 | 52868 | 66085 | 79302 | 92519 | 105736 | 118953 | 132170 | 145387 | 158604 |
| 5. 00 | 26964 | 40446 | 53928 | 67410 | 80892 | 94374 | 107856 | 121338 | 134820 | 148302 | 161784 |

**NOTA.** *La quantità di travaglio relativa ad 1 metro cubo, corrisponde al caso dove il vapore agisce senza espansione, ed unicamente con la sua pressione.*

693. Secondo questa tavola, se si volesse calcolare il travaglio prodotto dal pistone della macchina descritta nelle stesse circostanze di sopra indicate, si cercherebbe da prima, qual'è il volume primitivo del vapore consumato durante il primo quarto della corsa del pistone, questo volume è eguale a

$$0.^{mq}0594 \times 0.^{m}17 = 0.^{mc}010098.$$

Ora si vede nella tavola che la quantità del travaglio per l'espansione, a quattro volte il volume primitivo di un metro cubo di vapore a 5 atmosfere è di

$$123290.^{km}$$

per conseguenza, quella che corrisponde al volume $0.^{mc}010098$ è

$$123290 \times 0.010098 = 1245.^{km}$$

di dove deducendone il travaglio della pressione atmosferica opposta al movimento del pistone, si ha

$$1245 - 417 = 828.^{km}$$

quantità a un dipresso eguale a quella ottenuta di sopra. In tal modo si vede che coll'ajuto della tavola precedente, il calcolo per determinare il travaglio di una macchina a vapore, di cui si conosce il diametro e la corsa del pistone, la pressione del vapore, ed il grado di espansione, si riduce alla seguente:

*Regola.* Moltiplicate la superficie del pistone, per la parte della sua corsa durante la quale agisce a pressione piena, avrete il volume di vapore consumato; moltiplicate questo volume per la quantità di travaglio corrispondente nella tavola al grado di pressione del vapore, ed al grado di espansione dato, indi deducete da questo prodotto il travaglio risultante dalla pressione opposta al moto del pistone durante tutta la corsa, ed avrete la quantità di travaglio teorico prodotto per tutta questa corsa.

Questa regola si applica d'altronde nelle macchine ad alta o media pressione, con o senza condensazione.

694. Allorchè la macchina è a condensazione, la pressione che si oppone al cammino del pistone, è valutata come è indicato nelle macchine a bassa pressione a 0.$^{k}$15 per centimetro quadrato, provveniente da difetto di vuoto del condensatore. Ma allorchè non vi è condensazione, e che il vapore scappa via direttamente nell'aria, la pressione che resiste al moto del pistone, essendo di un'atmosfera è eguale ad 1.$^{k}$033 per centimetro quadrato.

695. Se si volesse valutare in cavalli la quantità di travaglio determinata, basterebbe moltiplicare questa quantità pel numero di colpi semplici del pistone dato in un minuto, e dividere il prodotto per 4500.$^{km}$ (valore del cavallo vapore in kilogrametri per minuto).

In tal modo nell'esempio precedente il numero di giri dell'asse della macchina essendo di 40 per 1', il numero di colpi semplici del pistone è necessariamente di 80.

Si ha dunque

$$828.^{km} \times 80 = 66240.^{km} \text{ e}$$

$$\frac{66240^{km}}{4500} = 14.72 \text{ cavalli}$$

696. Ma questo risultamento non esprime realmente che la forza teorica della macchina; si sa che per vincere tutti gli attriti de' pistoni, e delle altre parti mobili della macchina, per le scappate del vapore, pel raffreddamento che esso prova, l'effetto utile ottenuto all'asse motore, è lungi da avvicinarsi a questa forza; secondo Poncelet, Morin ed altri ingegneri, non si deve in generale contare, per le macchine a condensazione e ad espansione, che sopra i 0.35 a 0.40 della potenza teorica per le forze di 4 a 10 cavalli, sopra i 0.40 a 0.45 per le forze di 10 a 20 cavalli, e sopra i 0.50 per forze maggiori delle macchine ad alta pressione, senza con-

densazione ; il coefficiente è alcune volte anche minore : può essere ridotto da 0.4 a 0.35, ed anche 0.30 del risultamento teorico, secondo le circostanze più o meno favorevoli dello stabilimento della macchina, secondo il suo più o meno buono stato di manutenzione.

Ora prendendo i 0.40 della forza della macchina calcolata di sopra, si trova

$$0.40 \times 14.72 = 5.89$$

cioè a dire, che la forza reale della macchina sarebbe vicino a sei cavalli effettivi, ammettendo che il vapore sia a 5 atmosfere, e che essa cammini ad espansione durante i $^3/_4$ della corsa.

697. Se si volesse calcolare il travaglio della stessa macchina, camminando ad espansione durante la metà della corsa colla stessa pressione, si troverebbe dalla tavola, e dalla precedente regola

$$0.^{mq}0594 \times \frac{0.68}{2} = 0.^{mc}0202$$

pel consumo del vapore per colpo di pistone. E

$$0.0202 \times 87480 - 417 = 1350.^{km}$$

pel travaglio teorico.

O ammettendo sempre 40 colpi doppi per minuto

$$\frac{1350 \times 80}{4500} \times 0.4 = 9.6 \text{ cavalli utili.}$$

698. Daremo nelle seguenti tavole, le dimensioni principali delle macchine a vapore ad alta e media pressione, camminando con o senza espansione, e con o senza condensatore, per differenti forze da uno fino a cento cavalli ; queste dimensioni sono dedotte dall' esperienza e dal calcolo.

Sarà facile stabilire, secondo queste tavole, la comparazione che si può fare tra i diversi sistemi di macchine a vapore, e quelle che sono più economiche sotto il rapporto del combustibile.

# PRIMA TAVOLA

*Delle dimensioni principali delle macchine a vapore a doppio effetto, senza espansione nè condensazione, camminando a 5 atmosfere.*

| FORZA delle MACCHINE in CAVALLI | LUNGHEZZA della corsa DEL PISTONE | VELOCITA' del pistone PER SECONDO | NUMERO dei DOPPI COLPI del pistone PER MINUTO | DIAMETRO del PISTONE in CENTIMETRI | SUPERFICIE DEL PISTONE | | VOLUME DEL VAPORE CONSUMATO | | PESO DEL VAPORE consumato PER MINUTO e per CAVALLO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | TOTALE | PER CAVALLO | PER COLPO di pistone | PER CAVALLO e per minuto | |
| | *cent.* | *cent.* | | *cent.* | *cent. quat.* | *cent. quat.* | *deci. cub.* | *deci. cub.* | *kil.* |
| 1 | 40 | 70 | 22.50 | 10.0 | 78.54 | 78.54 | 3.142 | 329.91 | 0.846 |
| 2 | 50 | 75 | 45.00 | 13.5 | 143.14 | 71.57 | 7.157 | 322.06 | 0.826 |
| 4 | 60 | 80 | 40.00 | 18.0 | 254.46 | 63.61 | 15.268 | 305.56 | 0.783 |
| 6 | 70 | 85 | 36.43 | 21.0 | 346.36 | 57.72 | 24.245 | 294.62 | 0.755 |
| 8 | 80 | 90 | 33.75 | 22.7 | 404.71 | 50.59 | 32.377 | 273.18 | 0.700 |
| 10 | 90 | 95 | 31.67 | 24.5 | 471.44 | 47.14 | 42.430 | 268.75 | 0.689 |
| 12 | 100 | 100 | 30.00 | 26.0 | 550.93 | 44.25 | 53.096 | 265.48 | 0.681 |
| 16 | 110 | 105 | 28.63 | 29.0 | 660.52 | 41.28 | 72.657 | 260.02 | 0.666 |
| 20 | 120 | 110 | 27.50 | 31.2 | 764.54 | 38.23 | 91.745 | 252.30 | 0.647 |
| 25 | 130 | 115 | 26.53 | 34.0 | 907.92 | 36.32 | 118.030 | 250.51 | 0,642 |
| 30 | 140 | 120 | 25.71 | 36.0 | 1017.88 | 33.93 | 142.503 | 244.25 | 0.626 |
| 35 | 150 | 125 | 25.00 | 38.0 | 1134.12 | 32.40 | 170.118 | 243.02 | 0.623 |
| 40 | 160 | 130 | 24.32 | 39.3 | 1213.04 | 30.33 | 194.086 | 238.01 | 0.610 |
| 50 | 170 | 135 | 23.82 | 43.0 | 1452.20 | 29.04 | 246.874 | 235.22 | 0.603 |
| 60 | 180 | 140 | 23.33 | 46.0 | 1661.91 | 27.70 | 299.144 | 232.63 | 0.596 |
| 75 | 190 | 145 | 22.89 | 50.0 | 1963.50 | 26.18 | 373.065 | 227.72 | 0.584 |
| 100 | 200 | 150 | 22.50 | 56.0 | 2463.01 | 24.63 | 492.602 | 221.67 | 0.568 |
| 1.ª | 2.ª | 3.ª | 4.ª | 5.ª | 6.ª | 7.ª | 8.ª | 9.ª | 10.ª |

# SECONDA TAVOLA

*Delle dimensioni principali delle macchine a vapore a doppio effetto con espansione ad ½, ma senza condensazione, la pressione del vapore essendo a 5 atmosfere.*

| FORZA delle MACCHINE in CAVALLI | LUNGHEZZA della corsa DEL PISTONE | VELOCITA' del PISTONE per SECONDO | NUMERO dei DOPPI COLPI del pistone PER MINUTO | DIAMETRO del PISTONE in CENTIMETRI | SUPERFICIE DEL PISTONE | | VOLUME DEL VAPORE CONSUMATO | | PESO DEL VAPORE consumato PER MINUTO e per CAVALLO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | TOTALE | PER CAVALLO | PER COLPI di pistone | PER CAVALLO e per minuto | |
| | *cent.* | *cent.* | | *cent.* | *cent. qua.* | *cent. qua.* | *dec. cub.* | *dec. cub.* | *kil.* |
| 1 | 40 | 70 | 52.50 | 13.7 | 147.41 | 147.41 | 1.474 | 154.77 | 0.397 |
| 2 | 50 | 75 | 45.00 | 18.5 | 268.80 | 134.40 | 3.360 | 151.20 | 0.387 |
| 4 | 60 | 80 | 40.00 | 25.1 | 494.81 | 123.70 | 7.422 | 148.44 | 0.380 |
| 6 | 70 | 85 | 36.43 | 30,8 | 745.06 | 122.17 | 12.032 | 146.10 | 0.374 |
| 8 | 80 | 90 | 33.75 | 32.8 | 844.96 | 105.62 | 16.889 | 142.58 | 0.365 |
| 10 | 90 | 95 | 31.67 | 35.5 | 989.80 | 98.98 | 22.271 | 141.02 | 0.361 |
| 12 | 100 | 100 | 30.00 | 37.5 | 1104.47 | 92.04 | 27.612 | 140.95 | 0.360 |
| 16 | 110 | 105 | 28.63 | 42.0 | 1385.45 | 86.58 | 38.100 | 136.49 | 0.349 |
| 20 | 120 | 110 | 27.50 | 45.3 | 1611.71 | 80.59 | 48.351 | 132.96 | 0.339 |
| 25 | 130 | 115 | 26.33 | 49,2 | 1901.17 | 76.05 | 61.788 | 130.99 | 0.335 |
| 30 | 140 | 120 | 25.71 | 52.4 | 2156.52 | 71.88 | 75.478 | 128.35 | 0,329 |
| 35 | 150 | 125 | 25.00 | 55.0 | 2375.83 | 67.88 | 89.094 | 125.55 | 0.322 |
| 40 | 160 | 130 | 24.32 | 57.0 | 2551.77 | 63.79 | 102.071 | 121.05 | 0.310 |
| 50 | 170 | 135 | 23.82 | 61.9 | 2999.63 | 59.99 | 127.472 | 118.95 | 0.305 |
| 60 | 180 | 140 | 23.33 | 66.3 | 3452.37 | 57.54 | 155.357 | 116.52 | 0.299 |
| 75 | 190 | 145 | 22.89 | 72.3 | 4105.51 | 54.74 | 195.162 | 116.21 | 0.298 |
| 100 | 200 | 150 | 22.50 | 84.0 | 5541.78 | 53.42 | 277.099 | 115.76 | 0.297 |
| 1.a | 2.a | 3.a | 4.a | 5.a | 6.a | 7.a | 8.a | 9.a | 10.a |

# TERZA TAVOLA

*Delle dimensioni principali delle macchine a vapore a doppio effetto, con condensazione ed espansione ad ¹/₄, la pressione del vapore essendo a 4 atmosfere.*

| FORZA delle MACCHINE in CAVALLI | LUNGHEZZA della corsa DEL PISTONE | VELOCITA' del PISTONE per SECONDO | NUMERO dei DOPPI COLPI del pistone PER MINUTO | DIAMETRO del PISTONE in CENTIMETRI | SUPERFICIE DEL PISTONE | | VOLUME DEL VAPORE CONSUMATO | | PESO DEL VAPORE consumato PER MINUTO e per CAVALLO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | TOTALE | PER CAVALLO | PER COLPO di pistone | PER CAVALLO e per minuto | |
| | cent. | cent. | | cent. | cent. qua. | cent. qua. | deci. cub. | deci. cub. | kil. |
| 1 | 40 | 70 | 52.50 | 15.5 | 188.69 | 188.69 | 1.889 | 198.34 | 0.415 |
| 2 | 50 | 75 | 45.00 | 20.3 | 320.47 | 160.23 | 4.006 | 180.27 | 0.377 |
| 4 | 60 | 80 | 40.00 | 27.5 | 593.94 | 148.48 | 8.9[illegible]9 | 178.18 | 0.373 |
| 6 | 70 | 85 | 36.43 | 32.5 | 829.58 | 138.26 | 14.518 | 176.29 | 0.368 |
| 8 | 80 | 90 | 33.75 | 36.0 | 1017.88 | 127.24 | 20.357 | 171.76 | 0.359 |
| 10 | 90 | 95 | 31.67 | 39.0 | 1194.54 | 119.45 | 26.877 | 170.18 | 0.356 |
| 12 | 100 | 100 | 30.00 | 41.5 | 1352.65 | 112.72 | 33.816 | 169.08 | 0.353 |
| 16 | 110 | 105 | 28.63 | 46.0 | 1661.91 | 105.87 | 45.453 | 163.83 | 0.343 |
| 20 | 120 | 110 | 27.50 | 49.0 | 1885.75 | 94.29 | 56.573 | 161.97 | 0.338 |
| 25 | 130 | 115 | 26.53 | 54.0 | 2290.23 | 91.61 | 74.433 | 157.79 | 0.330 |
| 30 | 140 | 120 | 25.71 | 57.5 | 2578.69 | 85.95 | 90.254 | 154.04 | 0.322 |
| 35 | 150 | 125 | 25.00 | 58.8 | 2715.45 | 77.58 | 101.829 | 147.04 | 0.309 |
| 40 | 160 | 130 | 24.32 | 62.0 | 3019.08 | 75.48 | 120.763 | 143.71 | 0.301 |
| 50 | 170 | 135 | 23.82 | 67.0 | 3525.66 | 70.51 | 149.841 | 137.84 | 0.288 |
| 60 | 180 | 140 | 23.33 | 72.0 | 4071.51 | 67.86 | 183.218 | 137.40 | 0.287 |
| 75 | 190 | 145 | 22.89 | 77.5 | 4717.30 | 66.89 | 224.070 | 136.77 | 0.286 |
| 100 | 200 | 150 | 22.50 | 85.0 | 5674.51 | 56.74 | 283.725 | 127.68 | 0.277 |
| 1.ª | 2.ª | 3.ª | 4.ª | 5.ª | 6.ª | 7.ª | 8.ª | 9.ª | 10.ª |

Una macchina di 10 cavalli a due cilindri a 4 atmosfere ed a condensazione, costruita da' signori Sudds, Adkinds, Barker, aveva le seguenti dimensioni:

Diametro del gran pistone = 40.$^c$ la sua superficie = 1256.$^{mq}$ 63.

Corsa di questo pistone = 117.$^c$ la sua velocità per 1" = 101.$^c$ 2.

Diametro del piccolo pistone = 21.$^c$ 7; la sua superficie = 369.84.

Corsa di questo pistone = 86; la sua velocità per 1" = 75.$^c$ 5.

Dimensioni delle luci del gran cilindro = 3.$^c$ sopra 9.$^c$ sezione = 27.$^{cq}$

Dimensioni delle luci del piccolo cilindro = 3.$^c$ sopra 6.$^c$ sezione = 18.$^{cq}$

Una caldaja della forza nominale di 6 cavalli, avendo la caldaja provata a 3 atmosfere e mezzo, camminando ad espansione ed a condensazione, ma ad una pressione di una e mezzo a due atmosfere soltanto, costruite per la Marina dal signor Saulmier, aveva le seguenti dimensioni:

Diametro del pistone = 37.$^c$ sua superficie = 1075.$^{cq}$ 21

Corsa di detto = 71.$^c$ numero di colpi doppi per 1' = 36.

Dimensioni delle luci = 3.$^c$ sopra 10.$^c$ 5; superficie di dette = 30.$^{cq}$ 5.

699. Egli è facile vedere secondo le tavole precedenti, che de' diversi sistemi di macchine, quelle che consumano il meno vapore, relativamente alla stessa forza sono le macchine ad espansione, e che tra queste ultime quelle che caminano a condensazione, sono anche sotto questo rapporto le più vantaggiose.

In tal modo abbiamo veduto che per una macchina di 20 cavalli a 5 atmosfere, camminando a pressione pie-

na, durante tutta la corsa, si consuma $0.^k647$ di vapore per cavallo e per minuto, mentre che una macchina della stessa forza, camminando benanche a 5 atmosfere, ma con pressione piena durante $^1/_4$ della corsa, e ad espansione durante gli altri $^3/_4$, consuma solamente $0.^k339$ per cavallo e per minuto 1', ed in una macchina a condensazione a 4 atmosfere, regolata allo stesso grado di espansione, il consumo del vapore non è più che di $0.^k338$ egualmente per cavallo e per minuto 1'.

700. Ora ammettendo in questi tre sistemi la medesima disposizione di fornelli e di caldaja, e che per consegnenza con un kilogrammo di carbone, si produce la stessa quantità di vapore; si vede subito che il consumo in combustibile sarà molto più considerevole nel primo caso, dove le macchine camminano senza espansione e senza condensazione, che negli altri due sistemi. Questo consumo sarà facile a valutarsi per ciascuna delle forze date nelle tavole, sapendo che un kilogrammo di buon carbon fossile, può ridurre in vapore 6 kilogrammi di acqua. Così per la macchina di 20 cavalli, di cui si parla di sopra, si ha nel primo caso:

Macchine senza espansione, e senza condensazione

Consumo di vapore per cavallo e per ora $= 0.^k647 \times 60 = 38.^k82.$

Consumo di carbone per cavallo e per ora $\frac{38.82}{6} = 6.^k47$

Nel secondo caso;

Macchina ad espansione senza condensazione.

Consumo di vapore per cavallo e per ora $= 0{,}339 \times 60 = 20.^k33.$

Consumo di carbone per cavallo e per ora $= \frac{20.34}{6} = 3.^k39.$

E nel terzo caso.

Macchine ad espansione e con condensatore.

Consumo del vapore per cavallo e per ora$=0.338 \times 60$ $= 20.^k 28$.

Consumo del carbone per cavallo e per ora$=\frac{20.28}{6}$ $= 3.^k 38$.

701. Egli è vero che le macchine ad alta pressione, camminando a pieno vapore durante la intiera corsa, sono le più semplici e le più economiche di costruzione; esse hanno di più il vantaggio di occupare meno volume e pesare molto meno delle altre, e per queste ragioni possono essere riguardate in taluni casi, sopra tutto là dove il combustibile è a buon mercato, come preferibile sotto il rapporto del prezzo di costo. Ma questi casi non si presentano ordinariamente nelle industrie. Si procura generalmente al contrario ridurre i consumi di combustibile, e per questa ragione si debbono preferire le macchine ad espansione.

702. Ma osserviamo nelle tavole che precedono, che bisogna aumentare notabilmente i diametri del pistone per avere la medesima forza nominale, allorchè si vuole camminare ad una grande espansione, siccome abbiamo supposto. In generale pochi sono i costruttori che danno le loro macchine su questa base; per lo più non contano che sulla metà, e talune volte anche soltanto sul terzo di espansione. Così, allora quando si vuole una macchina ad espansione, ed a 5 atmosfere, di 20 cavalli, per esempio, non si calcola sulla più grande espansione alla quale camminerebbe con questa forza, ma sopra una espansione, che è lo più ordinariamente, al di sotto della media. Il consumo di vapore e per conseguenza il consumo di combustibile, quantunque minore di quello delle macchine ad alta pressione senza espansione, è necessariamente allora più considerevole di

quello che abbiamo calcolato nel secondo e terzo caso. Il diametro del pistone è sensibilmente più piccolo che in questi due ultimi casi, e ne risulta per conseguenza, che il prezzo della macchina deve essere anche sensibilmente minore, giacchè ordinariamente la forza di tutte le altre parti che la compongono, è proporzionata a questa dimensione presa per base.

703. In generale sarebbe buono stipulare ne' contratti, allorchè trattasi di una macchina a vapore, il grado di espansione corrispondente alla forza nominale alla quale questa macchina dev' essere consegnata; vi sarebbero allora meno frequenti contestazioni tra il costruttore e l'acquirente.

704. Non dobbiamo omettere far rilevare, che per le macchine a condensazione, importa molto che i cilindri siano circondati da una camice, e farvi passare il vapore provveniente dalla caldaja, per mantenerli ad una temperatura elevata, senza di che i raffreddamenti possono sensibilmente diminuire l'effetto utile.

### DATI E CALCOLI RELATIVI ALLE MACCHINE AD ESPANSIONE, A MEDIA PRESSIONE, ED A CONDENSAZIONE.

705. Abbiamo dato precedentemente delle tavole e delle regole pratiche molto semplici, col mezzo delle quali si può determinare la forza delle macchine a vapore ad espansione, di un modo molto approssimativo per la maggior parte de' casi. Crediamo farne alcune applicazioni sul sistema di macchine a condensazione che ci occupa; esse serviranno a rammentarle, e ci condurranno ad alcune osservazioni che possono essere interessanti.

Ecco le dimensioni principali di una macchina della forza di 6 cavalli effettivi, che sono state date dal costruttore.

Diametro del cilindro a vapore = o.$^{m}$ 33o.

Corsa del pistone a vapore = o.65o.

Lunghezza della manuella = o.325.

Lunghezza della biella = 1.3oo.

Diametro della tromba ad aria = o.18o.

Corsa del suo pistone = o.325.

Diametro della tromba alimentaria = o.o35.

Corsa del suo pistone = o.235.

Risulta da queste dimensioni che per la superficie del pistone si ha:

Superficie del pistone a vapore = 855.3o.$^{cent. qua}$

Superficie del pistone della tromba ad aria = 254.47

Superficie del pistone della tromba alimentaria = 9.62

E per i volumi generati da questi pistoni in ciascuna corsa:

Quello del cilindro a vapore = 55.594.$^{dec. cub}$

Quello della tromba ad aria = 8.27o.

Quello della tromba alimentaria = o.226.

706. Questa macchina è costruita per camminare a delle pressioni corrispondenti tra 3 e 4 atmosfere, la caldaja è provata a 4. Supponiamo che nel cammino abituale la pressione è di 3 $^1/_2$ atmosfere, e vediamo qual'è la forza reale che si può ottenere, ammettendo che l'espansione abbia luogo durante i $^3/_4$ della corsa del pistone, cioè a dire che il vapore non arrivi nel cilindro, che durante un quarto, che corrisponde alla lunghezza o.$^{m}$ 1625. Poichè la superficie del cilindro è di o.$^{m}$ o885 il volume del vapore consumato durante $^1/_4$ della corsa, è di

o.o885 × o.1625 = o.$^{m}$ o144, o
14.4 decim. cub.

707. Ora secondo la tavola relativa alle quantità di travaglio del vapore a diverse tensioni pag. 287, si trova che il travaglio di un metro cubo di vapore a 3 $^1/_2$ atmo-

sfere, ed espandendosi da 1 a 4 è eguale a 86303 kilogrametri, per conseguenza si ha nella macchina attuale,

$$0.0144 \times 86303 = 1242.8.^{km}$$

per un colpo semplice di pistone.

Ma da questa quantità bisogna toglierne la pressione che ha luogo in senso contrario, e che risulta da difetto di vuoto nel condensatore; questa pressione è eguale a $0.^{k}27$ per centimetro quadrato, allorchè la temperatura dell'acqua di condensazione è di 65 gradi. Ammettiamo che la macchina si trova in questo stato mentre funziona, dovremo dedurne dal risultato precedente, il travaglio risultante da questa pressione sopra tutta la superficie del pistone moltiplicata per l'intiera corsa, cioè a dire,

$$0.27 \times 8,^{cq}85 \times 65 = 155.^{km}$$

Per conseguenza si ha $12428 - 155 = 1087.8.^{km}$

708. Pel travaglio reale di un colpo di pistone; e se la macchina camminerebbe con una velocità di 42 rivoluzioni per minuto, lo che suppone che la velocità del pistone sia di $0.^{m}90$ per secondo, si trova che il travaglio per minuto è di

$$1087.8 \times 84 = 913752.^{km}, \text{ o}$$

$$\frac{913752}{4500} = 20.3$$

Ma si sa che tutto questo travaglio lungi di essere trasmesso all' asse motore, giachè una parte è impiegata a vincere gli attriti delle diverse parti mobili della macchina, e le altre perdite. Contando, come altrove si è detto, che la forza utilizzata sia i $^{4}/_{10}$ di questo travaglio, lo che suppone che i $^{6}/_{10}$ siano completamente perduti, si avrebbe per la forza effettiva trasmessa all'asse della manuella

$$20.3 \times 0.4 = 8.12 \text{ cavalli}$$

o circa 8 cavalli effettivi di 75 kilogrametri.

Se si vuol conoscere la quantità di combustibile consumato per ora per produrre questo travaglio, si osserverà che un metro cubo di vapore alla pressione di 3 $^1/_2$ atmosfere è di 1.$^k$8518, e la pressione di 4 atmosfere di 2.$^k$0291. Ora quantunque abbiamo supposto di sopra che la pressione nel cilindro sia di 3 $^1/_2$ atmosfere, ammettiamo intanto che è più considerevole nella caldaja per compensare le perdite per le casse, i condotti, e le valvole.

Contando sopra una pressione di 4 atmosfere, si trova che il peso del vapore consumato a ciascuna corsa semplice del pistone, è di

$$0.0139 \times 2.092 = 0.^k0291,$$

e per ora $0.0291 \times 84 \times 60 = 146.^k664$.

Di dove si deduce, nella ipotesi che un kilogrammo di carbon fossile produca 6 kilogrammi di vapore.

$$\frac{146.664}{6} = 24.^k44 \text{ per ora}$$

E poichè la forza ottenuta è di 7.84, si ha

$$\frac{24.44}{7.84} = 3.^k1$$

per la quantità di carbone bruciato per ora, e per cavallo.

Ammettiamo ora che la macchina funziona con una espansione di $^4/_5$, cioè a dire che il vapore non giunge nel cilindro che durante $^1/_5$ della corsa del pistone, sia a $0.^m13$, si trova allora

$$0.0885 \times 0.13 = 0.^m0115$$

pel volume di vapore consumato in ciascuna corsa semplice.

Il travaglio di un metro cubo di vapore alla tensione di 3 $^1/_2$ atmosfere, espandendosi da 1 a 5 è di 94374 kilogrammi

Per conseguenza $0.0115 \times 94374 = 1085.301.^{km}$

Il vapore uscendo dal cilindro è ad una pressione minore della precedente, deve condensarsi facilmente e produrre un vuoto più perfetto; la pressione che si oppone al cammino del pistone, può dunque essere ridotta a $0.^k15$ per centimetro quadrato, che corrisponde alla temperatura di $53.^o$ a $54.^o$

Si deve dunque dedurre soltanto per la pressione contraria:

$$0.15 \times 8.^{cq}85 \times 65 = 86.287.$$

Lo che dà per la pressione effettiva sul pistone:

$$1085.301 - 86.287 = 999.^{km}$$

e pel travaglio per minuto, ammettendo la stessa velocità

$$\frac{999 \times 84}{4500} = 18.64 \text{ cavalli}$$

o per l'effetto utile all'asse della manuella

$$18.64 \times 0.4 = 7.45$$

cioè a dire che la forza trasmessa a questo asse è anche di più di 7 cavalli effettivi.

Siccome la quantità di vapore consumato in ciascun colpo di pistone, è di 0.0115 il peso corrispondente a 4 atmosfere è eguale a

$$0.0115 \times 2.092 = 0.^k0240$$

e per ora è di

$$0.0240 \times 84 \times 60 = 120.^k96$$

per conseguenza il combustibile consumato di buon carbon fossile, può essere di

$$\frac{120.96}{6} = 20.^k16 \text{ per ora, o}$$

$$\frac{20.16}{7.45} = 2.^k70 \text{ per cavallo e per ora.}$$

709. Se al contrario si calcolava, nella ipotesi di una espansione minore di $^2/_3$ per esempio, il vapore ammesso

nel cilindro durante $^1/_3$ della corsa del pistone $= 0.^{m}2167$, si troverebbe pel consumo del vapore:

$$0.0885 \times 0.2167 = 0.^{mc}0192$$

e siccome il travaglio di un metro cubo di vapore a $3\ ^1/_2$ atmosfere espaso da 1 a 3 è di $75901.^{km}$, si ha

$$0.0189 \times 75901 = 1404.168.^{km}$$

La espansione essendo minore deve supporsi che la condensazione ed il vuoto sono meno perfetti, la contro pressione sul pistone è maggiore, facciamola di $o.^{k}50$ per centimetro quadrato, allora

$$8.85 \times 0.^{k}50 \times 65 = 287.^{km}625$$

che dedotti dal numero precedente, danno

$$1404.168 - 287.625 = 1116.^{km}54$$

per colpo di pistone semplice, e

$$\frac{1116 \times 84}{4500} = 20.83 \text{ cavalli}$$

per minuto; e come forza effettiva sull'asse della manuella, non prendendo che sempre i $^4/_{10}$

$$20.83 \times 0.4 = 8.83 \text{ cavalli}$$

Pel combustibile bruciato si trova:

$$84 \times 0.0185 \times 2.^{k}092 \times 60 = 195.^{k}068$$

peso del vapore consumato per ora, e

$$\frac{195.068}{6 \times 8.33} = 3.^{k}9$$

consumo di carbone per ora e per cavallo.

710. Supponiamo ora che la macchina cammini ad una pressione minore di quella indicata di sopra, sia a $2\ ^1/_2$ atmosfere, per esempio, si troverebbero egualmente i risultati corrispondenti a' diversi gradi di espansione; in tal modo calcolando sopra un' espansione di 1 a 3, cioè a dire $^1/_3$ di corsa a piena pressione, e gli altri due terzi per espansione, si avrebbe:

$$0.08553 \times 0.2167 = 0.0185$$

pel volume di vapore, come precedentemente, e

$$0.0185 \times 54215 = 1002.^{\text{lm}}977$$

da dove deducendo per la pressione opposta 150$^{\text{lm}}$105, si ha 1002.977 — 150.105 = 852.87.$^{\text{lm}}$ per colpo semplice, e

$$\frac{852.87 \times 84}{4500} \times 0.4 = 6.37 \text{ cavalli effettivi}$$

Il peso di un metro cubo di vapore a 2 $^1/_2$ atmosfere essendo di 1.$^{\text{k}}$3587, il carbone consumato è allora:

$$\frac{84 \times 0.0185 \times 1.3587 \times 60}{6 \times 6.37} = 3.^{\text{k}}32$$

per ora e per cavallo, senza tener conto delle perdite risultanti dallo sfiatare. Valutando il vapore a 3 atmosfere per compensare le perdite, il peso di un metro cubo essendo allora di 1.$^{\text{k}}$61, si avrebbe

$$\frac{84 \times 0.0185 \times 1.61 \times 60}{6 \times 6.37} = 3.^{\text{k}}9.$$

Questo consumo sarebbe più considerevole ancora se si espandesse meno, e la forza non aumenterebbe in proporzione. Di fatti si trova con una espansione di 1 a 2.5 alla medesima pressione di 2 $^1/_2$ atmosfere, che la forza è di circa 7 cavalli effettivi, e che il consumo del carbon fossile è di più di 5.$^{\text{k}}$per ora e per cavallo, mentre che camminando con una espansione doppia, cioè a dire di 1 a 5, la forza sarebbe ancora vicino a 6 cavalli effettivi, ed il consumo sarebbe appena metà, cioè a dire di 2.$^{\text{k}}$5 per cavallo e per ora.

711. Tutti questi calcoli non sono, a dire il vero, che approssimativi, scrivendo per gli uomini di pratica, abbiamo creduto che era sufficiente di esporre di una maniera semplice e chiara tutt'i vantaggi che debbono ricavarsi dalle macchine a grande espansione ed a condensazione, senza entrare in tutte le considerazioni teoriche nelle quali possono trovarsi inoltrati, e che sono di pertinenza degli uomini scienziati.

## OSSERVAZIONE IMPORTANTE SULLE MACCHINE A VAPORE AD ESPANSIONE VARIABILE.

712. Un'osservazione essenziale che crediamo dover fare terminando questo soggetto, e che può essere applicabile a tutt'i sistemi di macchine a vapore ad espansione variabile, dal moderatore o dal motore, è quella che il fuochista deve invigilare attentamente ogni qualvolta mette la sua macchina in attività, di avere nella caldaja la pressione voluta, senza di che, egli potrà anche camminare non avendo mai questa pressione, e per conseguenza bruciare più combustibile di quello che dovrebbe realmente consumare. Di fatti supponiamo per esempio che la macchina di cui veniamo di parlare, deve trasmettere nello stato normale, una forza di 7 cavalli effettivi. Abbiamo veduto precedentemente che si può ottenere questa forza con una pressione di 2 $^1/_2$ atmosfere nel cilindro, lo che suppone 3 atmosfere al più nella caldaja, ed espandendo di 1 a 2.5; ma noi abbiamo anche trovato che si otterrebbe egualmente camminando ad una pressione di 3 $^1/_2$ atmosfere nel cilindro, o 4 atmosfere al più nella caldaja ed espandendo di 1 a 5; ora in quest'ultimo caso il consumo di combustibile non è più di 2.$^k$54 per ora e per cavallo, mentre che nel primo, questo consumo è quasi raddoppiato. In tal modo se il fuochista cominciando il suo lavoro mettesse in moto, allorchè il vapore nella caldaja non è ancora se non se alla pressione di 3 atmosfere al più, la macchina regolando da per se stessa, dal moderatore, e dovendo trasmettere lo sforzo di 7 cavalli, farebbe necessariamente situare i registri di maniera a camminare ad un'espansione di 1 a 2.5 circa, ed il consumo del vapore essendo proporzionato a questa espansione, fa-

rebbe mantenere il grado di pressione a 3 atmosfere nella caldaja, senza elevarsi di più.

Il fuochista che non essendo intelligente, vedendo che a questa pressione cammina bene, potrebbe lasciar funzionare la sua macchina tutto il giorno, ed il proprietario avrebbe consumato per lo stesso travaglio, il doppio del combustibile, che avrebbe dovuto consumare; mentre che se avrebbe avuta l'accortezza nel cominciar del giorno, di formare il vapore alla pressione di 3 $^1/_2$ a 4 atmosfere, la macchina si sarebbe regolata all'espansione di 1 a 5, avrebbe prodotto lo stesso travaglio, con minor combustibile.

713. Vedesi da questa osservazione quanto è importante per un capo di stabilimento, d'invigilare che il suo fuochista mantenga il vapore nella caldaja alla tensione voluta, per camminare al più alto grado di espansione possibile, secondo la forza di cui si ha bisogno. E se accade che si consuma più combustibile di quello su cui contava, per lo più non è colpa del macchinista, ma più tosto di quello che conduce il fornello, e la caldaja.

### CALCOLI RELATIVI ALLE DIVERSE PARTI DELLE MACCHINE A VAPORE A BASSA PRESSIONE E A DOPPIO EFFETTO, CON CONDENSAZIONE MA SENZA ESPANSIONE.

714. Nelle macchine dette a bassa pressione, il vapore è prodotto nella caldaja ad una temperatura poco elevata al di sopra di 100.° centigradi; si calcola generalmente a 105.°; in questo caso la sua tensione è eguale ad una colonna di mercurio di 90 centimetri; cioè a dire di 14 centimetri sopra la pressione atmosferica: essa è per conseguenza equivalente alla pressione di 1 atmosfera 17, o di 1.$^k$ 20 per centimetro quadrato. A questa pressione

le macchine di Watt, senza espansione sono calcolate, e quella di cui ci occupiamo è regolata su questo dato.

715. Ma vi è una differenza ben grande tra questa pressione del vapore nella caldaja, e quella che dà la forza effettiva della macchina. Egli è chiaro che una parte è assorbita, sia dalla contro pressione pel condensatore, sia per gli attriti de' pistoni e di tutte le parti mobili, sia per le scappate e per i raffreddamenti. Anche per tutte queste cause si valuta, che la forza effettiva è appena di 0.k50 per centimetro quadrato, in un gran numero di macchine, ed al più di 0.k65 nelle più grandi di forza. Sarà facile osservare da' seguenti risultati, qual'è il rapporto dell'effetto utile della macchina attuale al consumo reale, e potremo convincerci che malgrado tutte le cure usate nella costruzione di questa macchina, questo rapporto non è di più del 63 per 100.

Si è osservato che il diametro del pistone è di 0.m856, e che per conseguenza la sua superficie è di 5755 centimetri quadrati. Abbiamo veduto ancora che la corsa del pistone è di 1.m846, e siccome dà generalmente 18 doppi colpi per minuto, quantunque la macchina sia calcolata sopra 17 doppi colpi al più, la sua velocità è dunque eguale a

$$18 \times 2 \times 1.^{m}846 = 66.^{m}456 \text{ per minuto}$$

Sia 1.m1076 per secondo.

716. Ora la quantità di acqua elevata da una ruota idraulica (1) è di 2640 metri cubi per ora, ad un'altezza media di 4.m89; è dunque 44 metri cubi per minuto, e 0.mc733 o 733.lit3 per secondo a questa altezza; lo che corrisponde a

$$733.^{k}3 \times 4.^{m}89 = 3586 \text{ kilogrametri per secondo.}$$

---

(1) *Nel bacino di Saint-Ouen.*

E siccome si calcolano 75 kilogrametri per la forza di un cavallo, questo travaglio è dunque eguale a $\frac{3586}{75}$ $= 47.81$ cavalli.

Forza effettiva superiore a quella per la quale la macchina è stata consegnata.

Se la velocità del pistone era eguale ad un metro per secondo, si troverebbe che questa forza, divisa per la superficie intiera del pistone in centimetri quadrati, darebbe

$$\frac{3586}{3755} = 0.^{k}955$$

per la pressione effettiva per centimetro quadrato; ma siccome questa velocità è di $1.^{m}1076$ per secondo, questa pressione effettiva si riduce a $0.^{k}562$. In tal modo il rapporto del travaglio reale ottenuto alla forza del vapore nella caldaja è di

$$0.^{k}955 : 1.^{k}20 = 0.79.$$

Cioè a dire almeno del 79 per 100. Ma se si tiene conto del raffreddamento del vapore giungendo al cilindro, e della mancanza di vuoto nel condensatore, che risultando dal vapore non condensato, prodotto sulla faccia opposta all'azione del vapore sul pistone, una pressione che sovente non è meno di $0.^{k}15$ per centimetro quadrato, si dovrà dire che la pressione reale del vapore sul pistone non è più di $1.^{k}$ per centimetro quadrato. Allora il rapporto del travaglio utile alla pressione del vapore sul pistone, diventa

$$0.56 : 1 = 0.56, \text{ o } 56 \text{ per } 100$$

Così i 0.44 della forza consumata, da fuori il travaglio ottenuto sono stati impiegati:

1.° Per vincere gli attriti del pistone a vapore nel cilindro:

2.° Per aprire e chiudere i tiratoj e valvole.

3.° Per vincere gli attriti di tutti gli orecchioni e fusi.

4.° Per compensare le perdite di vapore di ogni specie.

5.° Pel movimento del pistone della tromba ad aria.

6.° Per quello delle trombe di acqua fredda e calda.

7.° Per vincere gli attriti degli ingranaggi, e degli orecchioni della ruota idraulica.

8.° Per compensare le perdite di acqua nel moto di questa ruota,

717. Si può senza sensibile errore valutare, che la forza espressa in questi due ultimi articoli è di circa 7 per 100, per conseguenza tutta la differenza di forza consumata, sarebbe assorbita nel moto della macchina. In tal modo aggiungendo questi 7 per 100 a' 56 per 100 trovati precedentemente, potremo dire che la forza reale della macchina all'asse del volante, è presso a poco eguale a 0.63 di quella del vapore sul pistone, o in altri termini, che la forza utile della macchina misurata sull'asse del volante è eguale a 53.8 cavalli. Questi risultati si rapportano colla regola data da Tredgold per calcolare le macchine a bassa pressione, la quale consiste nella seguente:

*Regola*. Moltiplicate la pressione media effettiva del vapore sul pistone, per la superficie di questo espressa in centimetri quadrati, ed il prodotto per la velocità in metri per secondo. Il risultato esprime l'effetto utile della macchina in kilogrametri.

Per avere la forza in cavalli, bisogna dividere questo risultato per 75.

In tal modo il diametro del cilindro, nella macchina di cui ci occupiamo, essendo di 0.856 e la sua sezione di 5755 centimetri quadrati; la pressione effettiva sul pistone essendo di 0.$^{k}$63 per centimetro quadrato, e la sua velocità di 1.$^{m}$1076, si ha $0.63 \times 5755 \times 1.1076 = 4015.^{km}77$

di dove $\frac{4015.77}{75} = 53.54$ cavalli

718. Ma la pressione effettiva sul pistone non è sempre di 0.k63 per centimetro quadrato, giacchè è molto più al di sotto che al di sopra di questa quantità. Essa varia non solamente secondo la forza della macchina, ma anche secondo il suo grado di manutenzione. In tal modo talune volte la pressione effettiva non sarà di 0.k45 per le macchine di poco forza, mentre che per le macchine di grande forza potrà elevarsi a 0.65.

719. Del resto avendo procurato di dare sopra un tal sistema di macchine degl' insegnamenti pratici, e nello stesso tempo per quanto possibile precisi, abbiamo presentato nella seguente tavola i diametri e velocità de'pistoni a vapore della forza di 1 cavallo, fino a quella di 200 cavalli.

Questa tavola ricavata da un' opera inglese molto stimata, è stata trascritta nelle misure di cui in quest'opera si è fatto uso.

720. Le macchine a semplice effetto sono della stessa dimensione di quelle a doppio effetto, ma soltanto di una forza minore della metà; così il cilindro di una macchina a bassa pressione di 100 cavalli, camminando a semplice effetto, cioè a dire ricevendo il vapore da sopra del pistone discendendo solamente, è egualmente lo stesso di quello di una macchina di 50 cavalli, nella quale il vapore agisce alternativamente da sopra e da sotto del pistone.

# TAVOLA I.

*De' diametri e velocità de' pistoni nelle macchine a vapore a bassa pressione e a doppio effetto.*

| FORZA in CAVALLI | DIAMETRO del PISTONE | SUPERF. DEL PIST. — SUPERFICIE totale | SUPERF. DEL PIST. — SUPERFICIE per caval. | CORSA del PISTONE | NUM. di colpi DOPPI per MINUTO | VELOC. del PISTONE per SECONDO | VELOCITA' del PISTONE per MINUTO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *metri* | *met. qua.* | *cent. qua.* | *metri* | | *metri* | *metri* |
| 1 | 0.152 | 0.0181 | 181 | 0.510 | 50 | 0.850 | 51.00 |
| 2 | 0.213 | 0.0356 | 178 | 0.609 | 42 | 0.863 | 51.80 |
| 4 | 0.295 | 0.0684 | 171 | 0.761 | 34 | 0.900 | 54.00 |
| 6 | 0.353 | 0.0979 | 163 | 0.914 | 31 | 0.944 | 56.66 |
| 8 | 0.404 | 0.1280 | 160 | 1.067 | 27 | 0.960 | 57.62 |
| 10 | 0.450 | 0.1590 | 159 | 1.219 | 24 | 0.975 | 58.51 |
| 12 | 0.490 | 0.1885 | 157 | 1.219 | 24 | 0,975 | 58.51 |
| 14 | 0.523 | 0.2148 | 153 | 1.371 | 22 | 1.005 | 60.03 |
| 16 | 0.553 | 0.2400 | 150 | 1.371 | 22 | 1.005 | 60.03 |
| 18 | 0.584 | 0.2682 | 149 | 1.371 | 22 | 1.005 | 60.03 |
| 20 | 0.610 | 0.2922 | 146 | 1.523 | 20 | 1.015 | 60.92 |
| 22 | 0.638 | 0.3196 | 145 | 1.523 | 20 | 1,015 | 60.92 |
| 24 | 0.663 | 0.3456 | 144 | 1.695 | 18 | 1.016 | 60.95 |
| 26 | 0.688 | 0.3718 | 143 | 1.695 | 18 | 1.016 | 60.95 |
| 28 | 0.710 | 0.3956 | 141 | 1.695 | 18 | 1.016 | 60.95 |
| 30 | 0.726 | 0.4139 | 137 | 1.828 | 17 | 1.036 | 62.16 |
| 32 | 0.749 | 0.4406 | 137 | 1.828 | 17 | 1.036 | 62.16 |
| 34 | 0.770 | 0.4657 | 137 | 1.828 | 17 | 1.036 | 62.16 |
| 36 | 0.790 | 0.4901 | 136 | 1.828 | 17 | 1.036 | 62.16 |
| 38 | 0.805 | 0.5089 | 134 | 1.987 | 16 | 1.060 | 63.60 |
| 40 | 0.825 | 0.5345 | 134 | 1.987 | 16 | 1.060 | 63.60 |
| 45 | 0.872 | 0.5985 | 133 | 1.987 | 16 | 1.060 | 63.60 |
| 50 | 0.914 | 0.6575 | 132 | 2.133 | 15 | 1.066 | 64.00 |
| 55 | 0.954 | 0.7148 | 130 | 2.135 | 15 | 1.066 | 64.00 |
| 60 | 0.996 | 0.7791 | 130 | 2.285 | 14 | 1.066 | 64.00 |
| 65 | 1.033 | 0.8385 | 129 | 2.285 | 14 | 1.066 | 64.00 |
| 70 | 1.073 | 0.9030 | 129 | 2.438 | 13 | 1.057 | 63.40 |
| 75 | 1.110 | 0.9677 | 129 | 2.438 | 13 | 1.057 | 63.40 |
| 80 | 1.143 | 1.0316 | 129 | 2.438 | 13 | 1.057 | 63 40 |
| 85 | 1.173 | 1.0906 | 128 | 2.590 | 12 | 1.036 | 62.16 |
| 90 | 1.208 | 1.1380 | 126 | 2.590 | 12 | 1.036 | 62.16 |
| 95 | 1.237 | 1.2000 | 126 | 2.590 | 12 | 1.036 | 62.16 |
| 100 | 1.270 | 1.2637 | 126 | 2.590 | 12 | 1.036 | 62.16 |
| 110 | 1.328 | 1.3860 | 126 | 2.743 | 11 | 1.006 | 60.36 |
| 120 | 1.389 | 1.5123 | 126 | 2.743 | 11 | 1.006 | 60.36 |
| 130 | 1.447 | 1.6400 | 126 | 2.743 | 11 | 1.006 | 60.36 |
| 140 | 1.497 | 1.7568 | 126 | 2.743 | 11 | 1.006 | 60.36 |
| 150 | 1.545 | 1.8749 | 125 | 3.017 | 10 | 1.006 | 60.36 |
| 160 | 1.595 | 2.0050 | 125 | 3.017 | 10 | 1.006 | 60.36 |
| 170 | 1.644 | 2.1250 | 125 | 3.017 | 10 | 1,006 | 60.36 |
| 180 | 1.683 | 2.2286 | 124 | 3.017 | 10 | 1.006 | 60.36 |
| 190 | 1.733 | 2.3560 | 124 | 3.017 | 10 | 1.006 | 60.36 |
| 200 | 1.778 | 2.4800 | 124 | 3.017 | 10 | 1.006 | 60.36 |
| 1.a | 2a | 3.a | 4.a | 5.a | 6.a | 7.a | 8.a |

721. Per completare questa tavola, abbiamo determinata la superficie del pistone per forza di cavallo in centimetri quadrati, ad oggetto di far vedere che questa superficie doveva proporzionatamente decrescere a misura che il rapporto dell'effetto utile alla forza consumata aumenta. In tal modo troviamo che in una macchina di 10 cavalli, per esempio, la superficie del pistone è di 159 centimetri quadrati per forza di cavallo, e che in una macchina di 100 cavalli, la superficie del pistone non è più che di 126 centimetri quadrati per cavallo; questa superficie è anche minore per una macchina più grande. Nel primo caso la pressione effettiva del vapore sul pistone è di $0.^{k}49$ per centimetro quadrato, nel secondo questa pressione si eleva a $0.^{k}58$. Queste effettive pressioni sono date nella quarta colonna della seconda tavola, che in seguito vedremo.

### DIAMETRI DE' PISTONI.

722. Si potrebbe dunque col mezzo della tavola precedente, determinare di un modo molto semplice il diametro e la velocità del pistone di una macchia a bassa pressione, e a doppio effetto, il vapore prodotto nella caldaja essendo supposto ad una pressione di $1.^{k}17$, che corrisponde ad una colonna di mercurio di 90 centimetri.

*Regola.* Basterebbe ricercare nella tavola qual'è la superficie del pistone per cavallo, e moltiplicarla pel numero di cavalli della macchina a costruire, indi determinare il diametro del corrispondente cerchio.

ESEMPIO.

Quale sarebbe il diametro a dare al pistone di una macchina a vapore a bassa pressione e a doppio effetto, della forza di 25 cavalli?

Vedesi nella quarta colonna della prima tavola, che la superficie a dare al pistone deve essere di 144 centimetri quadrati per forza di cavallo con una velocità di 1.$^{m}$ 016 per secondo.

Si avrà dunque

$$144 \times 25 = 3600.^{cq}$$

per la superficie totale del pistone, di dove

$$\sqrt{\frac{3600}{0.7884}} = 67.^{c}7$$

Così il diametro del pistone è di 0.$^{m}$677.

723. Le velocità per secondo e per minuto date nelle due ultime colonne della tavola, sono generalmente le velocità di norma, adottate in pratica nello stabilimento delle macchine a vapore, qualunque sia d'altronde il numero di rivoluzioni della manuella, o il numero di colpi di pistone per minuto, poichè questo numero è variabile secondo la lunghezza della corsa che si vuol dare al pistone. Così, nelle macchine fisse per manifatture o fabbriche, la corsa del pistone è generalmente più lunga, e per conseguenza dà meno colpi per minuto, che nelle macchine per battelli; siccome in queste ultime si procura ridurre al meno possibile le altezze dell'apparecchio, la corsa è proporzionalmente molto più corta per la medesima forza.

724. La lunghezza della corsa del pistone, si regola a volontà del costruttore, secondo che egli trova più comoda per le sue trasmissioni del moto, di far fare alla manuella più o meno rivoluzioni per minuto, senza per

questo apportare delle differenze sensibili nella velocità del pistone, per rapporto a quelle adottate nella tavola.

725. Se però si volesse stabilire una macchina con una velocità minore o maggiore di quella data nella tavola, bisognerebbe chiaramente aver riguardo a questa differenza, ed aumentare o diminuire proporzionalmente la superficie a dare al pistone per cavallo, affine di ottenere la forza domandata, e ciò col mezzo di una semplice operazione.

ESEMPIO.

Sia proposto di costruire la macchina precedente della forza effettiva di 25 cavalli, con una velocità del pistone di 1 metro per secondo, invece di 1.$^{m}$016?

Sarebbe sufficiente stabilire la proporzione inversa seguente:

$$1.^{m} : 1.^{m}016 :: 144.^{cq} : x, \text{ di dove}$$
$$x = 144 \times 1.016 = 146.^{cq}3$$

per la superficie a dare al pistone per forza di cavallo, per conseguenza,

$$146.3 \times 25 = 3657.^{cq}5 \text{ per la superficie totale, e}$$
$$\sqrt{\frac{3657.5}{0.7854}} = 68.^{c}24$$

diametro del pistone.

726. Abbiamo dato in una seconda tavola, come complemento della prima, i consumi di vapore corrispondenti alle forze delle macchine, e ne abbiamo dedotti i consumi per forza di cavallo e per minuto. Si può conoscere dalla sesta colonna che indica tali consumi, che essi sono sensibilmente più considerevoli nelle macchine di piccole forze, che nelle macchine molto grandi, lo che dev' essere chiaro; così per una macchina di 12 cavalli il consumo di vapore, è di 0.$^{mc}$920 per minuto e

per cavallo, mentre che in una macchina di 100 cavalli questo consumo non si eleva, che a 0.$^{mc}$785 per la stessa forza e nel medesimo tempo.

727. I consumi di vapore sono stati calcolati, moltiplicando la superficie del pistone per la sua velocità per minuto; non si aveva bisogno fare entrare in calcolo le perdite di vapore risultanti dal raffreddamento o dallo sfiatare, e che Tredgold stima $^1/_{10}$ circa del consumo totale; ne dovremo con precisione tenerne conto nel calcolo delle caldaje.

# TAVOLA II.

*Delle quantità di vapore e di carbone consumato nelle macchine a vapore a bassa pressione e a doppio effetto.*

| FORZA in CAVALLI | FORZA in KM. | PRESS. EFFETTIVA SUL PISTONE | | VOL. DEL VAPORE CONSUMATO PER MIN. | | QUATITA' di CARB. CONSUMATO PER ORA | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | TOTALE | PER CENTIM. quadrato | TOTALE | PER cavallo | TOTALE | PER cavallo |
| | | *kil.* | *kil.* | *met. cub.* | *met. cub* | *kil.* | *kil.* |
| 1 | 75 | 88 | 0.49 | 0.924 | 0.924 | 9.1 | 9.10 |
| 2 | 150 | 174 | 0.49 | 1.846 | 0.923 | 14.5 | 7.25 |
| 4 | 300 | 335 | 0.49 | 3.692 | 0.923 | 23.8 | 5.95 |
| 6 | 450 | 479 | 0.49 | 5.532 | 0.922 | 33.1 | 5.51 |
| 8 | 600 | 627 | 0.49 | 7.576 | 0.922 | 36.5 | 4.80 |
| 10 | 750 | 778 | 0.49 | 9.303 | 0.920 | 45.4 | 4.53 |
| 12 | 900 | 924 | 0.49 | 11.040 | 0.920 | 53.1 | 4.42 |
| 14 | 1050 | 1052 | 0.49 | 12.880 | 0.920 | 57.1 | 4.08 |
| 16 | 1200 | 1200 | 0.50 | 14.440 | 0.900 | 63.5 | 3.90 |
| 18 | 1350 | 1341 | 0.50 | 16.082 | 0.895 | 69.4 | 3.85 |
| 20 | 1500 | 1490 | 0.51 | 17.801 | 0.890 | 75.3 | 3.76 |
| 22 | 1650 | 1630 | 0.51 | 19.470 | 0.885 | 79.8 | 3.62 |
| 24 | 1800 | 1797 | 0.52 | 21.090 | 0.878 | 84.8 | 3.53 |
| 26 | 1950 | 1975 | 0.53 | 22.672 | 0.872 | 89.3 | 3.43 |
| 28 | 2100 | 2095 | 0.53 | 24.080 | 0.860 | 95.9 | 3.35 |
| 30 | 2250 | 2193 | 0.53 | 25.740 | 0.858 | 98.0 | 3.26 |
| 32 | 2400 | 2335 | 0.53 | 27.388 | 0.836 | 102.9 | 3.21 |
| 34 | 2550 | 2468 | 0.53 | 28.948 | 0.831 | 107.9 | 3.19 |
| 36 | 2700 | 2600 | 0.53 | 30.456 | 0.846 | 112.9 | 3,13 |
| 38 | 2850 | 2698 | 0.53 | 32.300 | 0.850 | 117.0 | 3.08 |
| 40 | 3000 | 2832 | 0.53 | 34.000 | 0.850 | 121.5 | 3.03 |
| 45 | 3375 | 3180 | 0.53 | 38.065 | 0.846 | 133.3 | 2.96 |
| 50 | 3750 | 3544 | 0.54 | 42.073 | 0.841 | 140.6 | 2.89 |
| 55 | 4125 | 3870 | 0.54 | 45.740 | 0.832 | 152.3 | 2.76 |
| 60 | 4500 | 4210 | 0.54 | 49.920 | 0.832 | 161.5 | 2.68 |
| 65 | 4875 | 4600 | 0.55 | 53.625 | 0.823 | 174.2 | 2.67 |
| 70 | 5250 | 4975 | 0.55 | 57.260 | 0.818 | 184.1 | 2.62 |
| 75 | 5625 | 5325 | 0.55 | 61.350 | 0.818 | 196.3 | 2.60 |
| 80 | 6000 | 5776 | 0.56 | 65.393 | 0.817 | 203.2 | 2.54 |
| 85 | 6375 | 6216 | 0.57 | 67.830 | 0.798 | 215.8 | 2.53 |
| 90 | 6750 | 6492 | 0.57 | 70.720 | 0.786 | 228.5 | 2.52 |
| 95 | 7125 | 6900 | 0.58 | 74.592 | 0.785 | 238.9 | 2.52 |
| 100 | 7500 | 7529 | 0.58 | 78.552 | 0.785 | 251.6 | 2.52 |
| 110 | 8250 | 8202 | 0.59 | 83.645 | 0.760 | 275.0 | 2.50 |
| 120 | 9000 | 8950 | 0.59 | 91.267 | 0.760 | 300.0 | 2.50 |
| 130 | 9750 | 9690 | 0.59 | 98.974 | 0.760 | 325.0 | 2.50 |
| 140 | 10500 | 10500 | 0.60 | 106.023 | 0.757 | 350.0 | 2.50 |
| 150 | 11250 | 11249 | 0.60 | 113.201 | 0.755 | 375.0 | 2.50 |
| 160 | 12000 | 12000 | 0.60 | 120.640 | 0.754 | 400.0 | 2.50 |
| 170 | 12750 | 12750 | 0.60 | 127.731 | 0.751 | 425.0 | 2.50 |
| 180 | 13500 | 13500 | 0.61 | 134.694 | 0.748 | 450.0 | 2.50 |
| 190 | 14250 | 14250 | 0.61 | 142.185 | 0.748 | 475.0 | 2.50 |
| 200 | 15000 | 15000 | 0.61 | 149.668 | 0.748 | 500.0 | 2.50 |
| 1.a | 2.a | 3.a | 4.a | 5.a | 6.a | 7.a | 8.a |

*Regola.* Così, secondo questa tavola per calcolare di una maniera generale il diametro a dare al cilindro a vapore, basterebbe cercare nella sesta colonna il volume di vapore corrispondente alla forza nominale della macchina a costruire, dividere questo volume per la velocità del pistone per minuto, e determinare il diametro del cerchio corrispondente alla superficie trovata.

ESEMPIO.

Qual' è il diametro a dare al pistone di una macchina a bassa pressione e a doppio effetto della forza di 25 cavalli, la velocità di questo pistone dovendo essere 60 metri per minuto?

Si trova nella sesta colonna della tavola, che il consumo del vapore per una macchina di 24 cavalli è di $0.^{mc}878$ per minuto e per forza di cavallo, per conseguenza per 25 cavalli sarà di $0.^{m}878 \times 25 = 21.^{mc}95$.

Si hanno dunque $\frac{21.^{mc}95}{60.^{m}} = 0.^{mq}3658$ superficie del pistone.

Di dove $\sqrt{\frac{0.^{mq}3658}{0.7858}} = 0.6824$ diametro a dare al pistone.

728. Vedesi dunque quanto col mezzo di queste tavole, è facile calcolare il diametro del cilindro a vapore. Andremo egualmente a cercare di determinare le dimensioni delle altre principali parti della macchina, e che per la maggior parte si deducono da quelle del pistone.

## DIMENSIONI DEL TUBO E DEGLI OREFICII DEL PISTONE.

729. Secondo la regola adottata da Boulton e Watt, la sezione del tubo che conduce il vapore al cilindro, e quella degli orificì d'introduzione, è eguale alla 25.ª parte della superficie del pistone.

Di dove risulta che il diametro a dare al tubo d'immissione, dev'essere $1/5$ di quello del cilindro.

Così nella macchina di Saint-Ouen, il diametro del tubo del vapore dovrebbe avere

$$\frac{0.^{m}856}{5} = 0.^{m}171$$

I costruttori gli hanno dato 19 centimetri; la sezione è dunque in questo caso $1/20$ di quella del cilindro.

730. La sezione degli orefici d'introduzione è siccome abbiamo veduto di $0.^{m}0304$, per conseguenza il rapporto di questa sezione alla superficie del pistone, è eguale a

$$\frac{304}{5755} = 0.053$$

cioè a dire, che questa sezione è quasi $1/18$ di quella del cilindro.

731. Osserveremo del rimanente, che più la velocità della macchina è grande, più si deve aumentare la superficie del tubo e degli orefici, ed è a tal punto, che nelle macchine locomotive questa sezione è alcune volte eguale ad $1/11$ o $1/13$ di quella del cilindro, ed intanto la pressione del vapore è molto più elevata, poichè essa è ordinariamente di 3 a 4 atmosfere, e talune volte più.

## DIMENSIONI DELLE CALDAJE.

732. Dalle dimensioni delle tre caldaje a vapore stabilite a Saint-Ouen; e di cui due sono sempre in atti-

vità mentre la macchina è in moto, si è rilevato che la superficie riscaldante di ciascuna caldaja era in totalità di 22.$^{mq}$026, lo che da per due, una superficie totale di 44.$^{mq}$052.

733. Si è benanche osservato, che il volume del vapore generato dal pistone era di 38.$^{mc}$247 per minuto, o di 26.$^{k}$161 (1); secondo Tredgold bisogna aggiungere circa $^1/_{10}$ di questa quantità per avere il consumo totale, a causa dello sfiatare e del raffreddamento; lo che darebbe 28.$^{k}$78 pel peso del vapore totale consumato per minuto, per conseguenza

1726.$^{k}$62, o 1.$^{mc}$727 di acqua per ora.

Così con una superficie totale di 44.$^{mq}$052 esposta alla fiamma, all'aria calda ed al fumo, si è potuto evaporare 1.$^{mc}$727 di acqua in un'ora; sono dunque 25.$^{mq}$51 per un metro cubo. Watt calcolava nelle sue macchine 26 metri quadrati di superficie riscaldante totale, per evaporare 1 metro cubo di acqua per ora.

La superficie del fondo della caldaja, quella direttamente esposta al fuoco è eguale a 7.$^{mq}$176; per conseguenza quella delle due caldaje è di 14.$^{mq}$352, o il terzo circa della superficie totale.

734. Da ciò si può concludere che nelle macchine a bassa pressione:

1.° Per evaporare 1 metro cubo di acqua per ora, bisognano 26 metri quadrati di superficie riscaldante totale, di cui il terzo direttamente esposta al fuoco, e formando la superficie del fondo della caldaja.

2.° Un metro quadrato di superficie riscaldante, può termine medio ridurre 0.$^{mc}$0384, o 38.$^{k}$4 di acqua in vapore per ora.

(1) *Alla temperatura di 105.°, il peso di un metro cubo di vapore è eguale a 0.$^{k}$684.*

3.° Bisogna valutare $1.^{mq}10$ ad $1.^{mq}40$ di superficie riscaldante per forza di cavallo.

Secondo questi dati sarà sempre facile determinare la superficie riscaldante a dare ad una caldaja a vapore, per evaporare una quantità di acqua corrispondente alla forza della macchina a costruire.

735. La capacità totale di ciascuna caldaja è di $15.^{mc}145$, per conseguenza quella delle due caldaje riunite di $30.^{mc}290$. Valutando la forza della macchina di 40 cavalli, siccome fu venduta, si vede che i costruttori avrebbero calcolato sopra una capacità di $0.^{mc}757$ per forza di cavallo; ammettendo siccome precedentemente l'abbiamo ritrovata, che la forza effettiva misurata all'asse del volante, sia di 53.8 cavalli, la capacità per cavallo sarebbe di $0.^{mc}563$, quantità ben sufficiente ancora pel regolare travaglio della macchina.

La capacità per l'acqua è di

$$2 \times 9.^{mc}937 = 19.^{mc}874$$

o quasi 20 metri cubi. Questa quantità è dunque circa 11 volte e mezzo, quella consumata per ora dalla macchina.

Egualmente la capacità pel vapore è di

$$2 \times 5.^{mc}208 = 10.^{mc}416$$

per le due caldaje. E siccome il volume del vapore generato dal pistone, in ciascuno colpo semplice è di $1.^{mc}0624$, o di $1.^{mc}1686$, dopo di avere aggiunto $^1/_{10}$ pel raffreddamento e lo sfiatare, si vede che questa capacità pel vapore è almeno 8 volte e mezzo quella corrispondente ad un colpo di pistone.

736. Questi risultati ci conducono naturalmente alle seguenti conclusioni:

1.° Che la capacità totale di una caldaja a bassa pressione per le macchine a doppio effetto, è eguale a 17

volte e mezzo il volume di acqua evaporato per ora; per conseguenza per evaporare 1 metro cubo di acqua in un ora, la capacità intera sarebbe di 17.$^{mc}$5. Si può dire ancora, bisogna valutare sopra una capacità di 0.$^{mc}$ 566 decimetri cubi per forza di cavallo.

2.° Che la capacità per l'acqua è circa i $^2/_3$ del volume totale della caldaja, o 11 volte e mezzo il volume di acqua consumato per ora; cioè a dire che la capacità per l'acqua dovrebbe essere di 11.$^{mc}$5 per ciascun metro cubo evaporato per ora.

3.° In fine che la capacità pel vapore è $^1/_3$ circa del volume totale della caldaja, o circa 10 metri cubi per ciascun metro cubo di vapore consumato.

737. Secondo Tredgold per limitare le caldaje a bassa pressione delle macchine a doppio effetto, ad un cambiamento di forza elastica che non ecceda $^1/_{30}$, bisogna regolare uno spazio di 10 metri cubi pel vapore, ed altrettanto per l'acqua, a ragione di ciascun metro cubo di acqua che la caldaja può evaporare per ora, lo che viene a 0.$^{mc}$ 300, o 300 litri per forza di cavallo.

### VALVOLE DI SICUREZZA.

738. Sopra ciascuna caldaja vi è una valvola di sicurezza conica, di cui la superficie inferiore, o la sezione del tubo è di 125 centimetri quadrati. È dunque quasi di 18 centimetri quadrati, per ciascun metro quadrato di superficie di caldaja direttamente esposta all'azione della fiamma.

Da dove può conchiudersi che la superficie a dare alla valvola di sicurezza, nelle macchine a bassa pressione, dev'essere di 5 a 6 centimetri quadrati per forza di cavallo.

## DIMENSIONI DELLA GRATICOLA, DE'CANALI, E DELLA CIMINIERA.

739. La superficie totale della graticola sotto ciascuna caldaja di Saint-Ouen è di 1.$^{mq}$433, per consegnenza la superficie delle due graticole è di 2.$^{mq}$ 866, dove vi si brucia del carbon fossile. La superficie libera tra le barre, pel passaggio dell'aria è compresa tra il terzo ed il quarto della superficie totale.

740. L'altezza totale della ciminiera è di 26 metri; la sua sezione nella parte inferiore è di 1.$^{mq}$145, e quella della sua parte superiore è di 0.$^{mq}$4624.

741. La sezione trasversale de'canali è di 0.$^{mq}$392.

742. La quantità di carbone consumata per le due caldaje che alimentano la macchina, è di 3 ettolitri per ora, siano 240 kilogrammi. Il travaglio utile della macchina è allora, siccome abbiamo detto di sopra, di 3586 kilogrametri, o 47.81 cavalli, e la forza reale ottenuta all'asse del volante è di 53.8 cavalli, per conseguenza possiamo dire che il consumo in combustibile è di 5 kilogrammi per ora e per forza di cavallo utile, o 4.$^{k}$46 per ora e per forza di cavallo, misurata all'asse del volante.

743. Da questi risultati possiamo ricavare le seguenti conclusioni:

1.° Che la superficie a dare alla graticola di un fornello di caldaja a vapore a bassa pressione, è di 7 a 8 decimetri quadrati per forza di cavallo.

2.° Che la sezione trasversale de'canali è circa il quarto della superficie totale della graticola.

3.° Che quella della ciminiera (alla parte superiore) è circa il sesto della superficie della graticola;

4.° Che l'altezza della ciminiera è variabile di 20 a

35 metri pe' fornelli delle caldaje di macchine fisse; (1)

5.° Che la quantità di carbone consumato, può variare da 4 a 6 kilogrammi per ora e per forza di cavallo.

744. Nella seconda tavola che precedentemente abbiamo data, il consumo del carbone è molto meno di quello che veniamo d'indicare, sopra tutto per macchine di molta forza; ma osserveremo che i risultati espressi dagli autori inglesi, sembrano essere dedotti dagli esperimenti fatti sulle buone macchine di Cornovailles, le quali sono quasi tutte a semplice effetto, e la maggior parte agiscono con espansione; per conseguenza esse sono molto più economiche delle macchine che travagliono a pistone pieno, durante tutta la corsa del pistone. Non reca dunque meraviglia che il consumo del combustibile sia sensibilmente inferiore. Vedremo ancora che diverse di queste macchine non bruciano 2.k per cavallo e per ora.

745. Crediamo per altro che sarebbe prudente di non riportarsi a questi ultimi dati della tavola inglese, in un contratto che il costruttore dovrebbe fare con uno industrioso per lo stabilimento di una macchina a doppio effetto ed a pressione costante, come quelle che analizziamo. Gli esperimenti positivi fatti sulla macchina di Saint-Ouen confermano molto le nostre assertive, e sembrano d'altronde molto di accordo co'risultati rinvenuti da diversi stimabili ingegneri. Ma questi dati della tavola num. 2 faranno almeno vedere l'economia immensa,

---

(1) *L'altezza delle ciminiere de' battelli dovrebbe essere anche più corta, perchè delle lunghe ciminiere sono difficili a togliersi, e danno molto tracollo al bastimento. L'aspirazione essendo più relativa alla superficie di sezione che all'altezza, ne risulta perciò poco inconveniente ad accortarla.*

che si può ricavare sul consumo del combustibile, impiegando una macchina ad espansione.

**CAPACITA' DELLA TROMBA AD ARIA E DEL CONDENSATORE.**

746. La corsa del pistone della tromba ad aria, è eguale alla metà della corsa del pistone a vapore, e siccome dà lo stesso numero di colpi, ma che non affranca che ascendendo, non può elevare a ciascun doppio colpo, che una quantità di aria e di acqua equivalente al volume che esso genera.

Ora la sezione della tromba è eguale a 0.$^{mq}$ 2827, e la lunghezza della corsa è di 0.$^{m}$923; la capacità di questa tromba è dunque di 0.$^{mc}$ 261, e siccome il doppio volume generato dal pistone a vapore è eguale a 2.$^{mc}$ 125, ne risulta che essa è un poco più dell'ottavo della capacità del cilindro.

747. Questa capacità è abbastanza sufficiente perchè la macchina possi camminare con vantaggio. La sezione del condensatore è la stessa di quella della tromba, e la sua altezza è più di 1 metro: in tal modo la sua capacità è almeno egualmente grande.

Siccome la quantità di acqua ad injettare nel condensatore, è variabile secondo il grado di temperatura dell'acqua fredda di cui si può disporre, è utile saperla determinare. Ci serviremo perciò della seguente:

*Regola.* Prendete l'eccesso della temperatura del vapore su quella che deve avere l'acqua di condensazione, aggiungete 550 a questa differenza, e moltiplicate la somma pel peso del vapore a condensare, dividete il prodotto per la differenza di temperatura dell'acqua di condensazione, e dell'acqua fredda. (1)

(1) *Manuale di meccanica pratica di Morin.*

*

Il quoziente sarà il peso dell'acqua fredda ad injettare.

Così sia $p$ il peso del vapore a condensare, $t$ la sua temperatura, P il peso dell'acqua fredda ad injettare nel condensatore, $t'$ la sua temperatura, e T quella dell'acqua di condensazione. Si ha

$$P = \frac{p\,(550 + t - T)}{T - t'}$$

748. Abbiamo detto che il vapore nella macchina di Saint-Ouen era prodotto alla temperatura di 105.° centigradi; e la temperatura dell'acqua condensata è di 38.° a 40.° al più, ma quella dell'acqua fredda per l'injezione proveniente dalla Senna, è necessariamente variabile; supponiamola termine medio a 12.° Siccome la quantità di vapore consumato dal cilindro per minuto è almeno di 26.k 161, senza aver riguardo allo sfiatare nè alle perdite ne' condotti de' tiratoj, si ha

$$P = \frac{26.161\,(550 + 105.^\circ - 38.^\circ)}{38.^\circ - 12.^\circ}$$

Di dove P = 621 kilogrammi, o 621 litri, pel consumo di acqua fredda per minuto per la condensazione; cioè a dire, che la quantità di acqua ad injettare nel condensatore, è circa 24 volte il peso del vapore consumato.

Se l'acqua di condensazione era alla temperatura di 55.°, l'acqua fredda restando a 12.°, si avrebbe

$$P = \frac{26.161\,(550 + 105 - 55)}{55 - 12}$$

Di dove P = 365.k, o 365 litri.

Cioè a dire che in quest' ultimo caso, la quantità di acqua d' injezione non sarebbe più che 14 volte quella del vapore consumato.

Ma riflettiamo che in questo caso la forza del vapore a 55.° nel condensatore è di 12.c75 di mercurio, mentre

che nel primo essa non è che 5.°5; vi è dunque vantaggio a condensare alla più bassa di queste due temperature.

749. Da' risultati precedenti deduciamo ciò che segue:

1.° Che la corsa del pistone della tromba ad aria, nelle macchine a vapore a bassa pressione e a doppio effetto, è ordinariamente eguale alla metà della corsa del pistone a vapore;

2.° Che il diametro del pistone di questa tromba, è presso a poco eguale a' due terzi del diametro del cilindro a vapore, e per conseguenza la sua superficie è circa metà della sezione di questo cilindro;

3.° Che il volume utile generato dal pistone di questa tromba è $^1/_8$, o almeno $^1/_9$ del volume generato da un doppio colpo di pistone a vapore;

4.° Che la capacità del condensatore è almeno eguale a quella della tromba ad aria;

5.° Che la sezione del passaggio della valvola di comunicazione tra il condensatore e questa tromba, è eguale ad $^1/_4$ della superficie del suo pistone;

6.° Che la quantità di acqua fredda ad injettare nel condensatore, è variabile secondo il suo grado di temperatura, e secondo ancora la temperatura del miscuglio;

7.° Che questa quantità è eguale a 24 volte il peso del vapore consumato dal cilindro, allorchè la temperatura media dell'acqua fredda è di 12.°, e quella dell'acqua di condensazione 38.°, lo che ha più generalmente luogo nelle macchine a bassa pressione e a doppio effetto.

## TROMBA AD ACQUA FREDDA E TROMBA ALIMENTARIA.

750. Il diametro della tromba ad acqua fredda che conduce l'acqua nella vasca del condensatore è di 0.$^m$255;

l'area del suo pistone è dunque di 511 centimetri quadrati, o prossima ad $^1/_4$ della sezione del cilindro a vapore.

La corsa di questo pistone è la metà di quella del pistone a vapore.

Per conseguenza il volume massimo di acqua che può elevare a ciascuna corsa è eguale a o.$^{mc}$ 047, o 47 litri, o la 45.$^a$ parte del volume generato dal pistone a vapore dal doppio colpo. Secondo Morin (Manuale di meccanica pratica), il volume generato dal pistone della tromba ad acqua fredda, dev'essere di $^1/_{14}$ ad $^1/_{18}$ di quello del cilindro a vapore.

751. Le dimensioni date a questa tromba sono ben sufficienti, anche quando il condensatore non sarebbe direttamente alimentato dall'acqua della Senna, poichè vedesi che essa può fornire al condensatore più di 800 litri di acqua per minuto, ed abbiamo osservato di sopra che un consumo di 621 litri, può generalmente bastare alla condensazione.

752. Il diametro della tromba alimentaria, che prende una parte dell'acqua condensata per inviarla alla caldaja è di o.$^m$ 103, la superficie del suo pistone è dunque di 83 centimetri quadrati, o circa la 69.$^a$ parte di quella del pistone a vapore.

La corsa del pistone di questa tromba è di o.$^m$ 54.

Il volume di acqua che può al maximum inviare alla caldaja in ciascun colpo di pistone, è dunque di o.$^{dq}$ 83 $\times$5.$^d$ 4 = 4.$^{dc}$ 48 = 4.48 litri, e per minuto di 4.48$\times$ 18 = 80 litri o 80.$^l$

Abbiamo conosciuto che il peso del vapore consumato per minuto non è al maximum, di 30 kilogrammi.

753. La capacità di questa tromba è dunque molto più grande del volume di acqua consumato dalla caldaja.

Si comprende del rimanente, che è prudenza dare in tal modo più capacità alla tromba alimentaria, per poter fornire alla caldaja più presto di quello che consuma, per riacquistare il tempo scorso, le perdite risultanti da mancanza di vuoto, ed anche perchè la tromba non sempre gioca convenientemente, ec.

754. Riassumendo possiamo dire:

1.° Che la capacità della tromba ad acqua fredda, deve essere in una macchina a bassa pressione e a doppio effetto eguale alla 18.ª parte, o almeno alla 24.ª parte di quella del cilindro a vapore;

2.° Che quella della tromba alimentaria ad acqua calda, dev' essere eguale alla 230.ª o 240.ª parte almeno del cilindro a vapore.

### DIMENSIONI DEL BILANCIERE.

755. La lunghezza totale del bilanciere è di 5.m488. La sua altezza nel mezzo è di 0.m828, quella agli estremi di 0.m270, e la grossezza del taglio di 0.m045. Così la lunghezza del bilanciere è eguale a quasi 3 volte la corsa del pistone; la sua altezza nel mezzo è 0,96 del diametro di questo; l' altezza agli estremi circa $^1/_3$ di quella del mezzo, e la grossezza del taglio è circa $^1/_{18}$ dell' altezza nel mezzo. La curva esterna da sopra e da sotto, è d' altronde la forma parabolica.

756. Secondo Tredgold si ha pel bilanciere:

1.° La distanza orizzontale tra la verticale del fuso del pistone a vapore, e quella che passa pel centro dell' asse della manuella, è eguale a 3 volte la lunghezza della corsa del pistone;

2.° La distanza tra i centri delle articolazioni estreme del bilanciere, è eguale a 3.0825 volte la medesima corsa del pistone;

3.° L'altezza verticale nel mezzo del bilanciere è eguale al diametro del cilindro a vapore, moltiplicato per

0.86, allorchè il bilanciere è di ferro fuso, la grossezza $^1/_{16}$ di quest' altezza;

0.83, allorchè il bilanciere è di ferro battuto e la grossezza $^1/_{16}$ di quest' altezza;

0.83, allorchè il bilanciere è di legname, ma la grossezza $^1/_4$ dell' altezza.

## ORECCHIONI DELL' ASSE DEL BILANCIERE, E DEGLI ASSI ADATTATI A' SUOI ESTREMI.

757. Abbiamo veduto che nella macchina di Saint-Ouen l' asse del bilanciere è di ferro fuso, gli orecchioni portano 0.m 156 di diametro sopra 0.m 200.

758. Il rapporto della sezione degli orecchioni a quella del cilindro a vapore è di 0.033 ad 1, cioè a dire che l' area della sezione trasversale di uno degli orecchioni, è eguale alla 30.a parte di quella del pistone a vapore.

759. Secondo Farey si trova il diametro a dare agli orecchioni dell'asse del bilanciere, moltiplicando per 0.16 il diametro del cilindro a vapore, allorchè questi orecchioni sono di ferro fuso, e per 0.138 allorchè sono di ferro battuto. La lunghezza di tali orecchioni è circa 1.25 volte il diametro.

760. Per le piccole macchine si fanno generalmente gli assi de' bilancieri di ferro battuto, e nelle grandi si mettono di ferro fuso. In quest' ultimo caso, la sezione trasversale di un'orecchione, è la 40.a parte della superficie del pistone, e nel primo non è che la 53.a parte circa.

761. Il diametro degli orecchioni degli assi del parallelogrammo, a' quali è sospeso il fuso del pistone a vapore è eguale a 0.m 10, la loro sezione è dunque di 78.5

centimetri quadrati, o circa la 74.ª parte di quella del cilindro a vapore.

Questi orecchioni sostengono tutta la pressione esercitata sulla superficie del pistone, più il suo peso, e quello del suo fuso.

La regola secondo Farey per determinare i diametri di questi orecchioni, consiste a moltiplicare il diametro del cilindro a vapore per 0.m111, per gli orecchioni di ferro fuso, e per 0.m096 per gli orecchioni di ferro battuto; la lunghezza è eguale al loro diametro.

762. Da ciò risulta che per i primi, la loro sezione è la 82.ª parte di quella del cilindro, e per i secondi la loro sezione è la 108.ª parte.

763. In generale per avere il diametro del corpo di questi assi, si aggiunge un decimo a quello de' loro orecchioni.

### DIMENSIONI DE' FUSI DEL PISTONE.

764. I fusi del pistone sono generalmente di ferro battuto, e talune volte di acciajo. Quello del pistone a vapore sostiene tutto il peso che si esercita sulla superficie di quest'ultimo, bisogna dunque che sia molto grosso per resistere a tale peso senza pericolo di rompersi. Bisogna di più per non aver timore che piegasse, o si torcesse durante il travaglio, che il suo diametro fosse sensibilmente più grande di quello che gli si darebbe, se dovesse soltanto resistere alla pressione del vapore sul pistone.

765. Nelle macchine a doppio effetto di Watt, si dà al fuso del pistone a vapore il decimo del diametro di questo, cioè a dire la sezione trasversale del fuso è solamente la 100.ª parte della superficie del pistone; lo che corrisponde ad un peso maximum di 98 a 100.k per centimetro quadrato di questa sezione.

Secondo Farey, il diametro del fuso del pistone, non è del tutto il decimo del diametro di questo ultimo, e si determina dalla seguente:

*Regola.* Moltiplicate la superficie del pistone in centimetri quadrati, per la pressione del vapore in kilogrammi sopra ciascun centimetro quadrato; dividete il prodotto per 100, ed estraetene la radice quadrata dal quoziente; il risultato darà il diametro del fuso di ferro battuto in centimetri.

ESEMPIO 1.°

Il diametro del cilindro a vapore di una macchina a bassa pressione a doppio effetto essendo di 0.m 856, qual'è il diametro a dare al fuso di ferro battuto del pistone, la pressione del vapore essendo di 1.k 2 per centimetro quadrato?

Si ha la superficie del pistone=5755 centimetri quadrati

$$\frac{5755 \times 1.^{k}2}{100} = 69.06\text{, di dove } \sqrt{69.06} = 8.^{c}\,3\text{,}$$

Abbiamo veduto che i costruttori hanno dato 9.c 1 al fuso del pistone nella macchina di Saint-Ouen.

ESEMPIO 2.°

Qual'è il diametro a dare al fuso di un pistone di macchina a vapore che cammina a 4 atmosfere, il diametro del cilindro essendo di 40 centimetri?

Si hanno 4 atmosfere $= 4 \times 1.^{k}033 = 4.^{k}132$ per centimetro quadrato, e

superficie del pistone di $40.^{c} = 1256.^{cq}64$, di cui

$$\frac{1256.64 \times 4.132}{100} = 51.92$$

$$\sqrt{51.92} = 7.^{c}\text{, } 0\ 72.^{mill}$$

Allorchè i fusi sono di acciajo il loro diametro è sensibilmente più piccolo ; si determina moltiplicando il diametro del fuso di ferro battuto per 0.6.

Così nell' esempio precedente si avrebbe pel fuso di acciajo

$$7.^{c}2 \times 0.6 = 4.^{c}3\text{, o } 43.^{mill}$$

766. Questa regola si applica egualmente a' fusi del pistone della tromba ad aria, proporzionandoli al diametro della stessa tromba, ed ammettendo la pressione sul pistone, equivalente ad un kilogrammo per centimetro quadrato, o $0.^{k}785$ per centimetro circolare.

Può anche applicarsi agli orecchioni degli assi del parallelogrammo che sostiene i fusi del pistone.

767. Diamo secondo le regole precedenti di Farey la seguente tavola relativa a' diametri degli orecchioni degli assi del bilanciere, del parallelogrammo, e de' fusi del pistone a vapore ; questi diametri sono calcolati secondo le dimensioni precedentemente date a' cilindri a vapore (Tavola I), dalla forza di un cavallo fino a quella di 200. Si sono aggiunte a questa tavola la 6.ª e 7.ª colonna, che danno anche i diametri degli orecchioni degli assi di ferro battuto, o fuso, portando la manuella, dalla quale ricevono il loro moto di rotazione. Vedremo in seguito la regola generale per determinare praticamente il diametro di questi orecchioni.

# TAVOLA III.

*De' diametri degli orecchioni dell' asse del bilanciere, dell' asse del parallelogrammo, dell' asse del volante, e de' fusi de' pistoni nelle macchine a vapore a bassa pressione e a doppio effetto.*

| NUM. dei CAVALLI | DIAMETRI IN MILLIMETRI | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DEGLI ORECCHIONI DELL' ASSE DEL BILANC. | | DEGLI ORECCH. DEL PARALLELOGR. | | DEGLI ORECCHIONI DELL' ASSE DELLA MAN. | | DEL FUSO del PISTONE a vapore |
| | DI FERRO fuso | DI FERRO battuto | DI FERRO fuso | DI FERRO battuto | DI FERRO fuso | DI FERRO battuto | |
| 1 | 24 | 21 | 17 | 15 | 51 | 44 | 15 |
| 2 | 34 | 29 | 24 | 20 | 69 | 59 | 20 |
| 4 | 47 | 41 | 33 | 28 | 95 | 78 | 29 |
| 6 | 56 | 49 | 39 | 34 | 111 | 92 | 34 |
| 8 | 65 | 56 | 44 | 39 | 125 | 108 | 39 |
| 10 | 72 | 62 | 50 | 43 | 139 | 119 | 43 |
| 12 | 78 | 68 | 54 | 47 | 150 | 126 | 47 |
| 14 | 84 | 72 | 58 | 50 | 163 | 138 | 50 |
| 16 | 88 | 76 | 61 | 53 | 170 | 144 | 52 |
| 18 | 93 | 80 | 65 | 56 | 177 | 155 | 56 |
| 20 | 98 | 84 | 68 | 58 | 190 | 160 | 59 |
| 22 | 102 | 88 | 71 | 61 | 196 | 168 | 61 |
| 24 | 106 | 91 | 73 | 64 | 209 | 180 | 64 |
| 26 | 110 | 95 | 76 | 66 | 215 | 185 | 66 |
| 28 | 114 | 98 | 79 | 68 | 220 | 189 | 69 |
| 30 | 116 | 100 | 81 | 69 | 230 | 195 | 71 |
| 32 | 120 | 105 | 83 | 72 | 235 | 199 | 73 |
| 34 | 123 | 106 | 85 | 74 | 240 | 202 | 75 |
| 36 | 126 | 109 | 88 | 76 | 244 | 206 | 78 |
| 38 | 129 | 111 | 89 | 77 | 251 | 213 | 81 |
| 40 | 132 | 114 | 91 | 79 | 256 | 217 | 82 |
| 45 | 139 | 120 | 97 | 84 | 270 | 225 | 84 |
| 50 | 146 | 126 | 101 | 88 | 283 | 238 | 86 |
| 55 | 155 | 132 | 106 | 92 | 291 | 245 | 90 |
| 60 | 159 | 137 | 110 | 96 | 308 | 252 | 94 |
| 65 | 165 | 142 | 115 | 99 | 319 | 260 | 98 |
| 70 | 172 | 148 | 119 | 103 | 326 | 278 | 102 |
| 75 | 178 | 153 | 123 | 106 | 338 | 285 | 106 |
| 80 | 183 | 157 | 127 | 110 | 349 | 292 | 110 |
| 85 | 188 | 162 | 130 | 113 | 367 | 305 | 114 |
| 90 | 193 | 167 | 134 | 116 | 375 | 312 | 117 |
| 95 | 198 | 171 | 137 | 119 | 383 | 316 | 119 |
| 100 | 204 | 175 | 141 | 122 | 390 | 320 | 123 |
| 110 | 212 | 183 | 147 | 127 | 410 | 340 | 129 |
| 120 | 222 | 192 | 154 | 133 | 420 | 350 | 135 |
| 130 | 231 | 200 | 161 | 139 | 430 | 360 | 140 |
| 140 | 239 | 206 | 166 | 144 | 440 | 367 | 145 |
| 150 | 247 | 215 | 171 | 148 | 450 | 374 | 149 |
| 160 | 255 | 220 | 177 | 153 | 460 | 379 | 154 |
| 170 | 263 | 227 | 182 | 158 | 470 | 386 | 159 |
| 180 | 269 | 232 | 187 | 161 | 480 | 393 | 163 |
| 190 | 277 | 239 | 192 | 166 | 490 | 400 | 168 |
| 200 | 284 | 245 | 197 | 171 | 500 | 410 | 172 |
| 1.ª | 2.ª | 3.ª | 4.ª | 5.ª | 6.ª | 7.ª | 8.ª |

768. Sarà facile conoscere secondo questa tavola, che le dimensioni date agli assi del bilanciere, del parallelogrammo, ed a'fusi del pistone, sono proporzionalmente un poco più piccoli di quelli della medesima specie nella macchina di Saint-Ouen. Diciamo ancora, siccome abbiamo di già riconosciuto, che questa macchina travaglia sensibilmente al di sopra della sua forza nominale, e che i costruttori hanno avuto riguardo a questa circostanza, nello stabilire questa macchina, poichè essi hanno aumentato egualmente tutte le altre parti.

## DIMENSIONI DELLA BIELLA E DE'SUOI ORECCHIONI.

769. Abbiamo veduto che la sezione trasversale fatta nel mezzo del corpo della biella, ha una forma più grande nel mezzo. Questa forma dà alla biella la forza per resistere alla flessione laterale, o alla spinta durante il travaglio. Nell'attuale macchina l'area di questa sezione, è di 329 centimetri quadrati, o quasi la 118.ª parte di quella del cilindro a vapore.

770. Secondo Farey l'area della sezione trasversale fatta nel mezzo della biella allorchè è di ferro fuso, è circa $^1/_{28}$ di quella del pistone a vapore, e la sezione fatta nella parte più piccola verso gli estremi, non è che $^1/_{35}$ di quella del pistone. Secondo questo rapporto si valuta, che bisognerebbe per romperle uno sforzo 40 volte maggiore di quello in cui esse travagliano.

La lunghezza totale della biella è generalmente compresa tra $^1/_5$ ed $^1/_6$ di quella della manuella.

771. Gli orecchioni dell'asse che unisce la testa della biella all'estremità del bilanciere, debbono essere chiaramente dello stesso diametro di quelli dell'altro estremo che sostiene il fuso del pistone a vapore; si calcolano

dunque della stessa maniera; così le colonne 4.ª e 5.ª della tavola precedente, possono anche indicare i diametri di questi orecchioni corrispondenti alle forze date in cavalli. È lo stesso dell' orecchione che unisce l' estremità inferiore della biella coll'occhio della manuella.

**ORECCHIONE DELL'ASSE DELLA MANUELLA.**

772. Abbiamo aggiunto nelle colonne 6.ª e 7.ª della stessa tavola precedente, i diametri degli orecchioni degli assi di ferro fuso o di ferro battuto delle manuelle; questi diametri sono stati calcolati di un modo ben semplice, secondo la regola seguente che procureremo sviluppare.

773. Gli orecchioni di questi assi debbono necessariamente resistere a degli sforzi di torsione, che sono evidentemente più considerevoli delle pressioni laterali, o de' pesi che sostengono, per conseguenza i loro diametri debbono essere determinati per resistere alla torsione.

774. Ora la regola pratica data da Buchanan per calcolare il diametro di un' orecchione di asse di ferro fuso, primo motore, come quello di una macchina a vapore, è questo:

$$d = \sqrt[3]{\frac{C}{R} \times 420}$$

*d* rappresenta il diametro dell' orecchione in pollici inglesi;

C il numero di cavalli vapore che l' asse deve trasmettere;

R il numero di rivoluzioni dell' asse per minuto.

Questa formola trasportata in misure francesi diventa

$$d = \sqrt[3]{\frac{C}{R} \times 6880}$$

*d* è allora il diametro dell'orecchione in centimetri.

Lo che riviene alla seguente :

*Regola*. Per trovare il diametro degli orecchioni di un'asse di ferro fuso primo motore, come quello che porta la manuella ed il volante della macchina a vapore, dividete la forza della macchina in cavalli pel numero di rivoluzioni dell'asse per minuto, moltiplicate il quoziente pel numero costante 6880, ed estraete dal prodotto la radice cubica.

775. Vedesi secondo questa regola, che la forza degli orecchioni è proporzionale al cubo del suo diametro, lo che è chiaramente esatto. Vedesi ancora che il diametro deve aumentare in ragione inversa della velocità, ed in ragione diretta della forza. Ora si comprende che situando in una colonna i numeri naturali che rappresenterebbero i diametri degli orecchioni in centimetri, per esempio, ed in una seconda colonna i cubi corrispondenti a questi numeri, si potrebbe dire che questi cubi esprimerebbero gli sforzi successivi e proporzionati di ciascuno orecchione ; cioè a dire, che un' orecchione di 2 centimetri di diametro, per esempio, sarebbe capace resistere ad uno sforzo 8 volte maggiore di quello che non avrebbe che un centimetro di diametro.

Così se questo non sostiene che uno sforzo di 10 kilogrammi, per non alterarsi durante il travaglio, il primo potrà sostenere uno sforzo di $8 \times 10 = 80$.[1]

776. Ammettiamo, siccome generalmente ha luogo in pratica, che un' orecchione di ferro fuso pieno di 19 centimetri di diametro, potesse camminare per molto tempo senza timore di rompersi, trasmettendo una forza effettiva di 20 cavalli, e camminando con una velocità di 20 rivoluzioni per minuto, siccome il cubo di 19 è 6859, ne risulta chiaramente che un' orecchione di un

centimetro di diametro, non sarà suscettivo di trasmettere che la 6859.ª parte di questo sforzo; quello di 2 centimetri potrà trasmettere la 857.ª parte, quello di 3 centimetri la 254.ª parte, e così in seguito.

Si vede dunque che dividendo il numero 6859, per i cubi successivi espressi nella seconda colonna della 4.ª tavola che segue, si otterrebbe per quoziente il rapporto degli sforzi che gli orecchioni di 1, di 2, di 3, ec. centimetri di diametro, sarebbero capaci trasmettere.

777. Queste osservazioni ci conducono naturalmente alla formazione della seguente tavola, col mezzo della quale potremo determinare i diametri a dare agli orecchioni conoscendo la forza effettiva che essi trasmettono, e la loro velocità di rotazione per minuto.

778. Si potrà facilmente verificare che la regola pratica dedotta da questa tavola, si riporta perfettamente con quella di Buchanan, e che essa ha su questo il vantaggio della semplicità, poichè essa evita una estrazione di radice cubica, ed una moltiplicazione.

# TAVOLA IV.

*Che serve a determinare i diametri degli orecchioni degli assi di ferro fuso e di ferro battuto, primi motori, delle macchine a vapore.*

| DIAMETRI degli ORECCHIONI in CENTIMETRI | CUBI di questi DIAMETRI | RISULTATI CORRISP. AGLI ORECCHIONI | |
|---|---|---|---|
| | | DI FERRO fuso | DI FERRO battuto |
| 1 | 1 | 6859.000 | 4096.000 |
| 2 | 8 | 857.375 | 512.000 |
| 3 | 27 | 254.037 | 152.000 |
| 4 | 64 | 107.172 | 64.000 |
| 5 | 125 | 54.872 | 32.700 |
| 6 | 216 | 31.754 | 19.900 |
| 7 | 343 | 19.999 | 12.200 |
| 8 | 512 | 13.318 | 8.000 |
| 9 | 729 | 9.410 | 5.616 |
| 10 | 1000 | 6.859 | 4.096 |
| 11 | 1331 | 5.154 | 3.075 |
| 12 | 1728 | 3 977 | 2.370 |
| 13 | 2197 | 3.122 | 1.864 |
| 14 | 2744 | 2.500 | 1.433 |
| 15 | 3375 | 2.032 | 1.214 |
| 16 | 4096 | 1.674 | 1.000 |
| 17 | 4913 | 1.396 | 0.834 |
| 18 | 5832 | 1.175 | 0.702 |
| 19 | 6859 | 1.000 | 0.597 |
| 20 | 8000 | 0.857 | 0.513 |
| 21 | 9261 | 0.741 | 0.442 |
| 22 | 10648 | 0.644 | 0.385 |
| 23 | 12167 | 0.564 | 0.337 |
| 24 | 13824 | 0.496 | 0.296 |
| 25 | 15625 | 0.439 | 0.262 |
| 26 | 17576 | 0.390 | 0.233 |
| 27 | 19683 | 0.348 | 0.208 |
| 28 | 21932 | 0.312 | 0.187 |
| 29 | 24389 | 0.281 | 0.168 |
| 30 | 27000 | 0.254 | 0.152 |
| 31 | 29791 | 0.231 | 0.138 |
| 32 | 32768 | 0.209 | 0.125 |
| 33 | 35937 | 0.191 | 0.111 |
| 34 | 39304 | 0.171 | 0.104 |
| 35 | 42875 | 0.160 | 0.096 |
| 36 | 46656 | 0.147 | 0.088 |
| 37 | 50653 | 0.135 | 0.081 |
| 38 | 54872 | 0.125 | 0.075 |
| 39 | 59319 | 0.116 | 0.069 |
| 40 | 64000 | 0.107 | 0.064 |
| 1.a | 2.a | 3.a | 4.a |

*OSSERVAZIONI.*

I numeri della prima colonna, rappresentano i diametri degli orecchioni degli assi primi motori in centimetri.

Quelli della seconda colonna, sono i cubi de' diametri precedenti da 1 a 40 centimetri.

I numeri espressi nella terza colonna, rappresentano i risultati ottenuti, dividendo il numero 6859 cubo del diametro 19 per tutti i cubi successivi.

Finalmente i numeri della quarta colonna, esprimono i risultati corrispondenti alla divisione del numero 4096, cubo di 16 pe' medesimi cubi successivi.

779. Col mezzo di questa tavola per determinare il diametro dell'orecchione di un'asse di manuella di macchina a vapore a doppio effetto, seguiremo la seguente:

*Regola*. Dividete il numero di rivoluzioni dell'asse per minuto, pel numero di cavalli di 75 kilogrametri, e prendete il quoziente nella terza colonna della tavola, se l'orecchione è di ferro fuso, o nella quarta colonna se quest'orecchione è di ferro battuto, il numero corrispondente nella 1.ª colonna, sarà il diametro chiesto in centimetri.

ESEMPIO 1.°

Qual'è il diametro a dare agli orecchioni di un'asse di ferro fuso di manuella, di una macchina a vapore che deve trasmettere una forza di 40 cavalli con una velocità di 18 rivoluzioni per minuto?

$$\text{Si ha } \frac{18}{40} = 0.45$$

Questo numero preso dalla terza colonna della tavola è compreso tra 0.496 e 0. 439, il numero corrispondente nella prima colonna sarà dunque compreso tra 24 e 25, o sarà presso a poco 24.ᶜ8. Il diametro a dare agli orecchioni di questo asse è dunque di 0.ᵐ248.

ESEMPIO 2.°

Si domanda il diametro degli orecchioni dell'asse di ferro battuto di una macchina di 8 cavalli, dovendo fare 30 rivoluzioni per minuto?

$$\text{Si ha } \frac{30}{8} = 3.75$$

780. Questo numero nella quarta colonna della tavola è compreso tra 4.096 e 3.075, corrisponde per conse-

guenza a' diametri 10 e 11, ma più tosto quasi di 10, il diametro chiesto sarà dunque presso a poco = 10.$^c$4, o 0.$^m$104.

In una macchina ad alta pressione, e ad espansione della medesima forza di 8 cavalli costruita da M. Cavè, questo costruttore ha dato agli orecchioni dell'asse della manuella 0.$^m$103.

781. Per far vedere fino a qual punto si può aver fiducia nella regola precedente, abbiamo verificato le dimensioni date agli assi primi motori di macchine a vapore, eseguite da diversi costruttori, crediamo dover riunire nel seguente quadro diversi dati che abbiamo preso all'oggetto, mettendo di rincontro i risultati calcolati col mezzo della regola. Abbiamo aggiunto in questa tavola i diametri degli orecchioni di asse di diverse macchine costruite da Watt, e secondo i quali Buchanan ha dato la regola pratica, che di sopra abbiamo citata.

# TAVOLA V.

*De' diametri di orecchioni degli assi primi motori, misurati sopra diverse macchine esistenti.*

| FORZA NOMIN. in CAVALLI | NUM. di RIVOLUZ per MINUTO | DIAMETRO DI ORECC. DEGLI ASSI — ESISTENTI (1) | CALCOLATI | SPECIE degli ASSI di FERRO | NOMI dei COSTRUTTORI | SPECIE delle MACCHINE |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *cent.* | *cent.* | | | |
| 4 | 42 | 9.0 | 8.7 | fuso | Maudsley | Macch. fissa |
| 4 | 42 | 8.0 | 8.7 | id | Pille William | id |
| 4 | 40 | 9.5 | 8.9 | id | Gengembre | id |
| 6 | 35 | 10.8 | 10.6 | id | J. F. Saulnier | id |
| 6 | 30 | 8.7 | 9.4 | battuto | Cavè | id |
| 8 | 28 | 12.5 | 12.5 | fuso | Farcot | id |
| 8 | 30 | 10.3 | 10.4 | battuto | Cavè | id |
| 10 | 32 | 12.5 | 12.8 | fuso | J. F. Saulnier | id |
| 10 | 25 | 12.7 | 14.0 | id | Watt | id |
| 10 | 48 | 12.0 | 11.5 | id | id | id |
| 12 | 33 | 13.5 | 13.6 | id | Gengembre | id |
| 12 | 24 | 11.0 | 12.1 | battuto | Cavè | id |
| 12 | 48 | 10.5 | 10.2 | id | Barns e Miller | Per battello |
| 16 | 24 | 11.2 | 13.8 | id | Cavè | Macch. fissa |
| 20 | 22 | 18.0 | 18.4 | fuso | Chareuton | id |
| 20 | 22 | 17.8 | 18.4 | id | Watt | id |
| 20 | 42 | 15.0 | 15.0 | id | id | id |
| 20 | 18 | 16.0 | 16.5 | battuto | Cavè | id |
| 20 | 36 | 14.0 | 13.3 | id | Gengembre | Per battello |
| 30 | 30 | 15.6 | 16.0 | id | Cavè | Macch. fissa |
| 30 | 38 | 18.1 | 17.7 | fuso | Watt | id |
| 35 | 28 | 16.0 | 17.0 | battuto | Cavè | Per battello |
| 40 | 35 | 20.6 | 20.0 | fuso | Watt | Macch. fissa |
| 40 | 13 | 22.0 | 23.8 | battuto | Cavè | id |
| 50 | 50 | 19.0 | 19.0 | fuso | Watt | id |
| 50 | 15 | 30.0 | 28.5 | id | Taylor | id |
| 54 | 17 | 27.1 | 28.0 | id | Boulton e Watt | id |
| 60 | 23 | 23.5 | 21.5 | battuto | Macchina Inglese | Per battello |
| 70 | 16 | (2) 27.5 | 31.0 | fuso | a Decazeville | Macch. fissa |
| 80 | 22 | 25.9 | 24.5 | battuto | Fawcett (Sfinge) | Per battello |

*(1) Questi diametri sono stati misurati sull'orecchione che si trova dalla parte della manuella.*

*(2) L'orecchione di quest'asse è stato trovato troppo debole, essendosi rotto verso il collaretto; si è rimpiazzato dando all'orecchione 33 centimetri di diametro.*

782. Secondo Morin, la formola per determinare il volante delle macchine a vapore a bassa pressione è la seguente:

$$PV^2 = \frac{4645\,n}{m} N \text{, di dove}$$

$$P = \frac{4645\,n}{m\,V^2} N$$

Nella quale si disegna per

P il peso dell'anello o del cerchio del volante

V la velocità alla sua circonferenza media.

$m$ il numero di giri dell'asse del volante per minuto.

N la forza della macchina in cavalli di 75.$^{km}$

$n$ un numero che varia col grado di regolarità da ottenere.

Si fa:

$n = 20$ a 25 per le macchine a vapore destinate a degli uffizi che non hanno bisogno di una grande regolarità, come le ruote da elevare l'acqua, le trombe ec. (V. la nota in fine).

$n = 35$ a 40 per le filande dove si fabbricano i cotoni de' numeri 40 a 60.

$n = 50$ a 60 per le filande dove si fanno i numeri molto fini.

783. Questa formola riviene alla seguente:

*Regola*. Dividete la forza in cavalli della macchina pel quadrato della velocità alla circonferenza media dell'anello, dividete il numero 4645 pel numero de' giri dell'asse del volante in 1', moltiplicate questi due quozienti l'uno per l'altro, e moltiplicate il prodotto pel valore del numero regolatore $n$, scelto secondo la natura de' prodotti da ottenere:

Il risultato è il peso dell'anello del volante.

ESEMPIO 1.°

Quale dev' essere il peso del volante di una macchina a vapore a bassa pressione della forza di 40 cavalli, della filanda di Logelbach vicino Colmar, di cui il volante fa 18 a 20 giri per 1'?

I cotoni filati essendo de' numeri 40 a 60.

Il diametro medio essendo preso eguale a 6.m 10, la velocità a questa circonferenza, sarà per 19 giri nel 1'.

$$\frac{3.14 \times 6.10 \times 19}{60} = 6.^{m}06 \text{ per } 1''$$

La formola ci darà per 19 giri facendo $n = 35$.

$$P = \frac{4645 \times 35 \times 40}{19 \times (6.^{m}06)^{2}} = 9321.^{k}$$

I costruttori Watt e Boulton hanno fatto

$$P = 9450.^{k}$$

ESEMPIO 2°.

Nella macchina di Saint-Ouen il diametro medio del volante è di 6.m 427, e siccome fa camminare una ruota idraulica che da se stessa tende a regolarizzare il suo movimento, è chiaro che basta fare $n = 20$ al più. Ed allora per trovare il peso del cerchio del volante, si ha

$$P = \frac{4645 \times 20 \times 40}{18 \times (6.^{m}057)^{2}} = 5626.^{k}$$

784. Rothwell Hick e Rothwell, hanno dato al cerchio del volante 5200.k circa.

Il peso de' bracci e del miollo (1) dev'essere del tutto trascurato, perchè non influisce sensibilmente sopra i risultati, e d' altronde la quistione non può esigere solu-

(1) *Mozzo.*

zioni precise, a causa dell'incertezza relativa alle variazioni d'intensità della forza motrice.

785. Farey nel suo trattato sulle macchine a vapore, stabilisce come regola pratica che il diametro di un volante di macchina a bassa pressione, è compreso tra le 3 e 4 volte la lunghezza della corsa del pistone, e 4 volte è un rapporto spessissimo impiegato, allorchè il volante è situato sull'asse della manuella. Nella macchina sovente citata, il diametro medio del volante è 3.5 volte la lunghezza della corsa, o 7 volte la manuella.

786. In generale tutte le volte che il volante è situato sull'asse della manuella, la sua velocità alla circonferenza media, è di 6 a 7 metri per secondo. Si può dunque a norma di questi dati, determinare sempre il suo diametro per camminare a questa velocità, dal momento che si conosce il numero di giri che l'asse deve fare per minuto.

787. Non esiste regola positiva pel rapporto a dare tra la larghezza e la grossezza dell'anello del volante. Talune volte la larghezza misurata parallelamente all'asse di rotazione, è $\frac{1}{3}$ della grossezza presa nel senso del raggio, altre volte è la metà. In ogni caso il prodotto di queste due dimensioni, dà la sezione dello anello, ed il prodotto di questa sezione per la circonferenza media, ne dà il volume. Così moltiplicando questo volume per lo peso specifico del ferro fuso, che è di 7.$^{k}$2 per decimetro cubo, si ha il peso totale dell'anello. Dunque reciprocamente allorchè si conoscerà, come si è determinato di sopra, il peso a dare all'anello, dividendolo per 7.$^{k}$2 si avrà il suo volume in decimetri cubi, e questo volume, diviso in seguito per la circonferenza media del volante, darà la sezione dell'anello in centimetri quadrati.

## NOTA.

Allorchè una macchina a vapore destinata a far camminare un mulino da farina, di molte paja di mole, è della massima importanza, che la velocità della circonferenza media del volante, sia maggiore di quella delle mole, senza di che queste fanno provare alla macchina delle reazioni vivissime, che possono occasionare degli accidenti più o meno gravi. Nel mulino a vapore di Perrache a Lione si è osservato, che il volante è accelerato; non è situato sullo stesso asse della macchina; la sua velocità alla circonferenza non è minore di 11 metri per secondo, mentre che quella delle mole è tutto al più di 8.$^{m}$ 50. Tutto il sistema cammina con una regolarità perfetta, senza scosse, senza reazione. La macchina, del sistema di Woolf, è stata costruita a Chaillot, essa è in attività da quasi 11 anni. I mulini sono stati di bel nuovo rimontati; e quantunque il motore noi sia stato consegnato, che per la forza di 30 cavalli, fa camminare otto paja di mole, con tutti gli apparecchi accessori, per nettare ed abburattare.

# APPENDICE.

## SISTEMA METRICO, O DE' PESI E MISURE.

Coerentemente a quanto abbiamo enunciato nel principio del Capitolo VII, esporremo il sistema stabilito in Francia pe' pesi e le misure. Esso è stato da noi preferito perchè adottato da tutt'i costruttori delle diverse macchine, essendo fondato sulla divisione decimale. Non abbiamo omesso però, darne alla fine un confronto colle nostre misure e quelle inglesi, a migliore utilità di coloro, che vorranno giovarsi di queste carte.

L'unità lineare o di lunghezza è il *metro*. Questa unità principale è costante e può verificarsi in tutt'i tempi; giacchè deriva dalla lunghezza dell'arco del meridiano terrestre, che misura la distanza del polo all'equatore, arco che esprimendo il quarto della circonferenza della terra, è stato trovato eguale a 5130740 tese, di cui la diecimilionesima parte è la lunghezza del *metro*, che corrisponde a $0.^{t}513074$.

Così la relazione comparativa del metro ( nuova misura ) alla tesa ( antica misura ) dà :

$$1.^{m} = 0.^{t}513 \text{, o pure 3 piedi 11 linee } \frac{296}{1000} .$$

Facendo precedere l'unità fondamentale di lunghezza, che è il metro, dalle parole *deca*, *etto*, *kilo*, *miria*, si compongono delle misure più grandi che si esprimono successivamente di questa miniera : *decametro*, *ettometro*, *chilometro*, *miriametro*; che significano diecimetri, cento metri, mille metri, dieci mila metri.

Situando prima dell' unità le parole *deci*, *centi*, *mille*, e *dieci mille*, si compongono le seguenti misure più piccole; *decimetro*, *centimetro*, *millimetro*, ec. o decimo del metro, centesimo del metro, millesimo del metro ec.

Da ciò vedesi che nella formazione de' multiplici e delle suddivisioni del metro, si applicano le leggi del sistema decimale, poichè i multiplici, esprimono delle misure di dieci in dieci volte più grandi, e le suddivisioni indicano delle misure di dieci in dieci volte più piccole.

I multiplici del metro servono generalmente a misurare le distanze, mentre che il metro e le sue suddivisioni servono ad indicare le dimensioni delle macchine, e de' pezzi che le compongono.

Per le misure di superficie e di solidità è anche il metro che ne è l' unità, sotto il nome di metro quadrato, e metro cubo. Da ciò vengono le relazioni seguenti

| *m.* | *dec.* | *cent.* | *mill.* |
|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 100 | 1000 |
| *m. q.* | *dec. q.* | *cent. q.* | *mill. q.* |
| 1 | 100 | 10000 | 1000000 |
| *m. c.* | *dec. c.* | *cent. c.* | *mill. c.* |
| 1 | 1000 | 1000000 | 1000000000 |

# TAVOLA

## DELLE DIVERSE MISURE.

### MISURE ITINERARIE.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Miriametro*, | o | 10000 | metri |
| *Kilometro*, | o | 1000 | idem |
| *Decametro*, | o | 10 | idem |
| *Metro*, | — | unità | fondamentale |

### MISURE DI LUNGHEZZA.

| | | |
|---|---|---|
| *Metro*, o | unità | |
| *Decimetro* . . . . . . | $^1/_{10}$ | di metro |
| *Centimetro* . . . . . . | $^1/_{100}$ | di metro |
| *Millimetro* . . . . . . . | $^1/_{1000}$ | di metro |
| *Decimillimetro* . . . . . | $^1/_{10000}$ | di metro |

### MISURE AGRARIE.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Ettaro*, | o | 10000 | metri quadrati |
| *Ara*, | o | 100 | idem |
| *Centiara*, | o | 1 | idem |

### MISURE DI CAPACITA' PE' LIQUIDI.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Decalitro*, | o | 10 | decimetri cubi |
| *Litro*, | o | 1 | idem |
| *Decilitro*, | o | $^1/_{10}$ | idem |

MISURE DI CAPACITA' PER LE MATERIE SECCHE.

*Chilolitro*, o 1 metro cubo, o 1000 decimetri cubi
*Ettolitro*, o . . . . . . . . . 100 idem
*Decalitro*, o . . . . . . . . . 10 idem
*Litro*, o . . . . . . . . . 1 idem

MISURE DI SOLIDITA'.

*Stero*, o 1 metro cubo
*Decastero*, o $^1/_{100}$ di metro cubo

PESI.

*Milliaro*, o 1000 kilogrammi (1) peso della tonnellata
*Quintale*, o 100 kilogrammi
*Kilogrammo*, o peso di un decimetro cubo di acqua.

*Ettogrammo* $^1/_{10}$ }
*Decagrammo* $^1/_{100}$ } di kilogrammo
*Grammo* $^1/_{1000}$ }

Dalla primitiva relazione

$$5130740.^{\text{tese}} = 10000000.^{\text{metri}}$$

Si ottiene: $$1.^{\text{metro}} = \frac{5130740}{10000000} = 0.^{t}513$$

ed $$1.^{\text{tesa}} = \frac{10000000}{5130740} = 1.^{\text{metro}}95$$

Queste due formole serviranno a stabilire il rapporto tra le suddivisioni del metro, e quelle della tesa e viceversa.

---

(1) *Si è creduto scrivere col k il chilogrammo per facilitazione de' calcoli, essendo più comodo mettere per iniziale una lettera, in vece di una sillaba.*

Di fatti un metro equivalendo a

o.$^{t}$513, o 3 piedi, 11 linee $\frac{296}{1000}$ di linea

1 decimetro = o.$^{t}$0513, o o.$^{p}$3.$^{pol}$8.$^{linee}$ $^{3}/_{10}$

1 centimetro = o.$^{t}$00513, o o. o. 4. $^{43}/_{100}$

1 millimetro = o.$^{t}$000513.

Reciprocamente:

1 tesa valendo 1 metro 95

Il piede $= \frac{1.^{m}95}{6}$, o o.$^{m}$325, o o.$^{m}$3.$^{d}$2.$^{c}$5.$^{mil}$

Il pollice $= \frac{o.^{m}325}{12}$, o o.$^{m}$027.$^{mil}$

La linea $= \frac{o.^{m}027}{12}$, o o.$^{m}$00225

I rapporti 1 pollice = o.$^{m}$ 027 millimetri, ed 1 piede = o.$^{m}$325 millimetri, sono le misure che si presentano più spesso all'operajo ed al macchinista; perciò questi valori potranno avere un' influenza generale per facilitare la comparazione tra le dimensioni di ciascun sistema (1).

---

(1) *Il pollice inglese comparato al pollice francese è nel rapporto approssimativo di 25 : 27; cioè a dire, che il pollice francese valendo o.$^{m}$ 027 millimetri, il pollice inglese non vale che o.$^{m}$0254, sia o.$^{m}$025. Questo rapporto permette di valutare in misure francesi una data dimensione in misure inglesi. Così se si volesse valutare in metri il diametro di un cilindro di macchina, che avesse 3 piedi 6 pollici inglesi, riducendo in pollici si otterrebbero 42 pollici inglesi: ora il pollice inglese vale o.$^{m}$0254, dunque 42 × o.0254 = 1.$^{m}$ 067. Se si trattasse valutare i 3.$^{p}$ 6.$^{po}$ inglesi in corrispondenti misure francesi, bisognerebbe fare il calcolo precedente, indi avendo ottenuto 1.$^{m}$ 067*

## APPLICAZIONI.

### ESEMPIO 1.°

Un muro ha una lunghezza di 2 tese 3 piedi 4 pollici, valutare questa misura in metri.

Riducendo in pollici 2 tese 3 piedi 4 pollici, si ottengono 184 pollici.

Ora un pollice = 0.$^m$027, dunque 184 valeranno 0.$^m$027 × 184 = 4.$^m$968.

### ESEMPIO 2.°

Una lamina di ferro ha 11 pollici 3 linee di lunghezza, valutare questa misura in suddivisioni metriche.

Riducendo 11 pollici 3 linee, in linee, si avranno 135 linee, ma secondo il precedente quadro 1 linea vale 0.$^m$00225, dunque 135 linee=0.00225 × 135 = 0.$^m$304.

---

*si valuta in tese e suddivisioni di tese, moltiplicando 1.$^m$067 per 0.$^t$513, il risultato dà 0.$^t$547, che si valutano in piedi, pollici, e linee. Così moltiplicando il decimale 0.547 per 6, il prodotto darà 3 piedi ed una frazione 0.282, che moltiplicata per 12, darà un nuovo prodotto 3 pollici, più una frazione 0.384, la quale essendo valutata in linee produce 4 linee ed una frazione che si trascura, e la conversione fatta dà 3 piedi 3 pollici 4 linee misura francese, pel valore comparativo di 3 piedi, 6 pollici inglesi.*

## RECIPROCAMENTE.

ESEMPIO 1.°

Una riga misura in lunghezza 2.m 32, valutare questa lunghezza in frazioni di tese.

Riducendo 2.m 32 in centimetri si hanno 232 centimetri.

Ora 1 centimetro = 0.t 00513; dunque 232 × 0.t 00513 = 1.t 19.

Per valutare il decimale 0.t 19 in piedi, pollici e linee, si moltiplica prima 0.t 19 per 6 per avere de' piedi, il prodotto dà 1 piede più una frazione 0.14, che convertita in pollici moltiplicandola per 12 da 1.pol 68, e moltiplicando 0.68 per 12 il prodotto 8 è il valore in linee; percui 2.m 32 convertiti in tese e suddivisioni danno 1.t 1.p 1.po 8.lin

ESEMPIO 2.°

Una spranga ha 0.m 545 millimetri di lunghezza, valutare questa misura in suddivisioni della tesa.

1 millimetro = 0.t 000513, e 545 millimetri = 0.t 00513 × 545 = 0.t 2796, o operando come precedentemente a 0.t 1.p 10.po 1.lin

### MISURE DE' PESI.

La nuova misura de' pesi è anche una quantità costante.

L'unità del peso è il grammo, che equivale al peso di un centimetro cubo di acqua distillata, alla temperatura di 4.° centigradi al disopra del zero.

I multiplici del grammo, sono il decagrammo, l'ettogrammo, ed il kilogrammo.

Il kilogrammo vale 1000 grammi, ed equivale al peso di 1000 centimetri cubi di acqua, o di un litro, che non è altro che un cubo di 1 decimetro di lunghezza, di larghezza, e di altezza (1).

Così 1 kilogrammo uguaglia il peso di un decimetro cubo di acqua.

Questa relazione del peso al volume è importantissima: perchè conoscendo la densità o pesi specifici de' corpi, si potrà determinare facilmente il peso di un corpo dal suo volume.

ESEMPIO 1.°

Sia a derterminare il peso di 8 metri cubi, 45 di acqua.

Moltiplicando 8.$^{m}$45 per 1000 il prodotto 8450.$^{k}$ è il peso domandato.

ESEMPIO 2.°

Trovare il peso in kilogrammi di un volume di acqua che misura 0.$^{mc}$051.

Convertendo 0.$^{mc}$051 in decimetri cubi, il risultato 51 decimetri, è nello stesso tempo il peso in kilogrammi.

---

(1) *In Inghilterra la libbra avoir du poids, è generalmente impiegata come in Francia il kilogrammo, per esprimere il peso delle macchine.*

*Il rapporto tra la libbra avoir du poids ed il kilogrammo, è come 0.453 : 1; per cui la libbra inglese = 0.$^{k}$ 453.*

*Da ciò si deduce che se si vuole avere in misure francesi il peso di una macchina inglese, che pesasse 5457 libbre avoir du poids, il valore si ottiene moltiplicando 5457 per 0.$^{k}$453, ed il prodotto 2472.$^{k}$02 è il peso francese.*

*Il quintale inglese vale 50.$^{k}$796.*

*La tonnellata inglese = 1015.$^{k}$92, cioè a dire 20 quintali inglesi.*

# RAPPORTI

## DELLE PRINCIPALI MISURE INGLESI, FRANCESI, E NAPOLITANE.

### MISURE LINEARI.

| IL METRO VALE | | RAPPORTO inverso IN METRI |
|---|---|---|
| Piedi francesi. . . . . . . . . . | 3.0784 | 0.3248 |
| Piedi inglesi. . . . . . . . . . | 3.2809 | 0.3048 |
| Palmo napolitano legale . . . . | 3.7800 | 0.2645 |
| **IL PIEDE FRANCESE VALE** | | **RAPPORTO inverso in PIEDI FRANCESI** |
| Piede inglese. . . . . . . . . . | 1.0658 | 0.9383 |
| Palmo napolitano legale. . . | 1.2279 | 0,8144 |

| | |
|---|---|
| La tesa è eguale a piedi francesi . . . . | 6 |
| Il miglio marino di 60 a grado a metri. | 1851 $^{23}/_{27}$ |
| Detto a palmi napolitani legali. . . . . . | 7000 |
| Il Yard inglese a piedi inglesi. . . . . . | 3 |
| Il passo di Marina a palmi Napolitani. . | 6 $^{2}/_{3}$ |

## MISURE DI SUPERFICIE.

| IL METRO QUADRATO VALE | | RAPPORTO inverso in METRI QUAD. |
|---|---|---|
| Piedi francesi quadrati. . . . | 9.4768 | 0.1055 |
| Piedi inglesi quadrati. . . . . | 10.7643 | 0.0929 |
| Palmi napolitani legali quadrati | 14.2884 | 0.0700 |

| | |
|---|---|
| Il piede francese quadrato, vale palmi napolitani quadrati . . . . . . . . . . . | 1.5077 |
| Il palmo napolitano quadrato, vale piedi francesi quadrati . . . . . . . . . . . | 0.6632 |
| L'ara, vale metri quadrati. . . . . . . . | 100 |

## MISURE DI VOLUMI, E CAPACITA'

| IL METRO CUBO VALE | | RAPPORTO inverso in METRI CUBI |
|---|---|---|
| Piedi francesi cubi. . . . . . | 29.1738 | 0.0343 |
| Piedi inglesi cubi . . . . . . | 35.3166 | 0.0283 |
| Palmi napolitani legali cubi . | 54.0101 | 0.0185 |

| | |
|---|---|
| Il piede francese cubo, vale palmi napolitani legali cubi. . . . . . . . . . . . | 1.8513 |
| Il palmo napolitano legale cubo, vale piedi francesi cubi. . . . . . . . . . . . . . . | 0.5401 |
| Lo stero, vale metri cubi. . . . . . . . | 1 |
| La soliva, vale piedi cubi. . . . . . . . | 3 |
| Il carro di legname piedi francesi cubi . | 36 |
| Detto metri cubi o stero. . . . . . . . . | 1.2340 |
| Detto palmi napolitani legali cubi. . . . | 66.6175 |
| Il litro, vale un decimetro cubo o sia steri. | 0.001 |
| Il barile — litri. . . . . . . . . . . . . | 43.6216 |
| Detto — caraffe di botte. . . . . . . . | 60 |
| Detto — caraffe a minuto. . . . . . . . | 66 |
| La botte — barili. . . . . . . . . . . . | 12 |

## PESI.

| IL KILOGRAMMO VALE | | RAPPORTO inverso in KILOGRAMMI |
|---|---|---|
| Libbra di marco (divisa in 16 once) | 2.0429 | 0.4895 |
| Libbra napolitana (12 once) | 3.1176 | 0.3208 |
| Rotolo napolitano (once 33 $^{1}/_{3}$) | 1.1223 | 0.8910 |
| Libbra inglese avoir du poids (16 once) | 2.2044 | 0.4536 |
| Libbra inglese di troy (12 once) | 2.6795 | 0.3732 |

| | |
|---|---|
| La libbra di marco, vale once napolitane. | 18 $^{1}/_{3}$ |
| La libbra napolitana, vale rotolo napolitano | 0.36 |
| Tonnellata antica di Marina - libbre di marco | 2000 |
| Detta — Cantaja napolitane di 100 rotola | 11 |
| Tonnellata inglese — libbre di marco. | 2073.52 |
| Tonnellata metrica francese — chilogrammi | 1000 |
| Detta — libbre di marco | 2043 |
| Un metro cubo di acqua distillata pesa chilogrammi | 1000 |
| Un metro cubo di acqua di mare pesa chilogrammi | 1026 |
| Un palmo cubo di acqua distillata pesa rotola | 20.736 |

# TAVOLA

*Di quadrati e di cubi da 1 fino a 1000.*

| RADICI | QUADRATI | CUBI | RADICI | QUADRATI | CUBI |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 31 | 961 | 29791 |
| 2 | 4 | 8 | 32 | 1024 | 32768 |
| 3 | 9 | 27 | 33 | 1089 | 35937 |
| 4 | 16 | 64 | 34 | 1156 | 39304 |
| 5 | 25 | 125 | 35 | 1225 | 42875 |
| 6 | 36 | 216 | 36 | 1296 | 46656 |
| 7 | 49 | 343 | 37 | 1369 | 50653 |
| 8 | 64 | 512 | 38 | 1444 | 54872 |
| 9 | 81 | 729 | 39 | 1521 | 59319 |
| 10 | 100 | 1000 | 40 | 1600 | 64000 |
| 11 | 121 | 1331 | 41 | 1681 | 68921 |
| 12 | 144 | 1728 | 42 | 1764 | 74088 |
| 13 | 169 | 2197 | 43 | 1849 | 79507 |
| 14 | 196 | 2744 | 44 | 1936 | 85184 |
| 15 | 225 | 3375 | 45 | 2025 | 91125 |
| 16 | 256 | 4096 | 46 | 2116 | 97336 |
| 17 | 289 | 4913 | 47 | 2209 | 103823 |
| 18 | 324 | 5832 | 48 | 2304 | 110592 |
| 19 | 361 | 6859 | 49 | 2401 | 117649 |
| 20 | 400 | 8000 | 50 | 2500 | 125000 |
| 21 | 441 | 9261 | 51 | 2601 | 132651 |
| 22 | 484 | 10648 | 52 | 2704 | 140608 |
| 23 | 529 | 12167 | 53 | 2809 | 148877 |
| 24 | 576 | 13824 | 54 | 2916 | 157464 |
| 25 | 625 | 15625 | 55 | 3025 | 166375 |
| 26 | 676 | 17576 | 56 | 3136 | 175616 |
| 27 | 729 | 19683 | 57 | 3249 | 185193 |
| 28 | 784 | 21952 | 58 | 3364 | 195112 |
| 29 | 841 | 24389 | 59 | 3481 | 205379 |
| 30 | 900 | 27000 | 60 | 3600 | 216000 |

| RADICI | QUADRATI | CUBI | RADICI | QUADRATI | CUBI |
|---|---|---|---|---|---|
| 61 | 3721 | 226981 | 94 | 8836 | 830584 |
| 62 | 3844 | 238328 | 95 | 9025 | 857375 |
| 63 | 3969 | 250047 | 96 | 9216 | 884736 |
| 64 | 4096 | 262144 | 97 | 9409 | 912673 |
| 65 | 4225 | 274625 | 98 | 9604 | 941192 |
| 66 | 4356 | 287496 | 99 | 9801 | 970299 |
| 67 | 4489 | 300763 | 100 | 10000 | 1000000 |
| 68 | 4624 | 314432 | 101 | 10201 | 1030301 |
| 69 | 4761 | 328509 | 102 | 10404 | 1061208 |
| 70 | 4900 | 343000 | 103 | 10609 | 1092727 |
| 71 | 5041 | 357911 | 104 | 10816 | 1124864 |
| 72 | 5184 | 373248 | 105 | 11025 | 1157625 |
| 73 | 5329 | 389017 | 106 | 11236 | 1191016 |
| 74 | 5476 | 405224 | 107 | 11449 | 1225043 |
| 75 | 5625 | 421875 | 108 | 11664 | 1259712 |
| 76 | 5776 | 438976 | 109 | 11881 | 1295029 |
| 77 | 5929 | 456533 | 110 | 12100 | 1331000 |
| 78 | 6084 | 474552 | 111 | 12321 | 1367631 |
| 79 | 6241 | 493039 | 112 | 12544 | 1404928 |
| 80 | 6400 | 512000 | 113 | 12769 | 1442897 |
| 81 | 6561 | 531441 | 114 | 12996 | 1481544 |
| 82 | 6724 | 551368 | 115 | 13225 | 1520875 |
| 83 | 6889 | 571787 | 116 | 13456 | 1560896 |
| 84 | 7056 | 592704 | 117 | 13689 | 1601613 |
| 85 | 7225 | 614125 | 118 | 13924 | 1643032 |
| 86 | 7396 | 636056 | 119 | 14161 | 1685159 |
| 87 | 7569 | 658503 | 120 | 14400 | 1728000 |
| 88 | 7744 | 681472 | 121 | 14641 | 1771561 |
| 89 | 7921 | 704969 | 122 | 14884 | 1815848 |
| 90 | 8100 | 729000 | 123 | 15129 | 1860867 |
| 91 | 8281 | 753571 | 124 | 15376 | 1906624 |
| 92 | 8464 | 778688 | 125 | 15625 | 1953125 |
| 93 | 8649 | 804357 | 126 | 15876 | 2000376 |

| RADICI | QUADRATI | CUBI | RADICI | QUADRATI | CUBI |
|---|---|---|---|---|---|
| 127 | 16129 | 2048383 | 160 | 25600 | 4096000 |
| 128 | 16384 | 2097152 | 161 | 25921 | 4173281 |
| 129 | 16641 | 2146689 | 162 | 26244 | 4251528 |
| 130 | 16900 | 2197000 | 163 | 26569 | 4330747 |
| 131 | 17161 | 2248091 | 164 | 26896 | 4410944 |
| 132 | 17424 | 2299968 | 165 | 27225 | 4492125 |
| 133 | 17689 | 2352637 | 166 | 27556 | 4574296 |
| 134 | 17956 | 2406104 | 167 | 27889 | 4657463 |
| 135 | 18225 | 2460375 | 168 | 28224 | 4741632 |
| 136 | 18496 | 2515456 | 169 | 28561 | 4826809 |
| 137 | 18769 | 2571353 | 170 | 28900 | 4913000 |
| 138 | 19044 | 2628072 | 171 | 29241 | 5000211 |
| 139 | 19321 | 2685619 | 172 | 29584 | 5088448 |
| 140 | 19600 | 2744000 | 173 | 29929 | 5177717 |
| 141 | 19881 | 2803221 | 174 | 30276 | 5268024 |
| 142 | 20164 | 2863288 | 175 | 30625 | 5359375 |
| 143 | 20449 | 2924207 | 176 | 30976 | 5451776 |
| 144 | 20736 | 2985984 | 177 | 31329 | 5545233 |
| 145 | 21025 | 3048625 | 178 | 31684 | 5639752 |
| 146 | 21316 | 3112136 | 179 | 32041 | 5735339 |
| 147 | 21609 | 3176523 | 180 | 32400 | 5832000 |
| 148 | 21904 | 3241792 | 181 | 32761 | 5929741 |
| 149 | 22201 | 3307949 | 182 | 33124 | 6028568 |
| 150 | 22500 | 3375000 | 183 | 33489 | 6128487 |
| 151 | 22801 | 3442951 | 184 | 33856 | 6229504 |
| 152 | 23104 | 3511808 | 185 | 34225 | 6331625 |
| 153 | 23409 | 3581577 | 186 | 34596 | 6434856 |
| 154 | 23716 | 3652264 | 187 | 34969 | 6539203 |
| 155 | 24025 | 3723875 | 188 | 35344 | 6644672 |
| 156 | 24336 | 3796416 | 189 | 35721 | 6751269 |
| 157 | 24649 | 3869893 | 190 | 36100 | 6859000 |
| 158 | 24964 | 3944312 | 191 | 36481 | 6967871 |
| 159 | 25281 | 4019679 | 192 | 36864 | 7077888 |

| RADICI | QUADRATI | CUBI | RADICI | QUADRATI | CUBI |
|---|---|---|---|---|---|
| 193 | 37249 | 7189057 | 226 | 51076 | 11543176 |
| 194 | 37636 | 7301384 | 227 | 51529 | 11697083 |
| 195 | 38025 | 7414875 | 228 | 51984 | 11852352 |
| 196 | 38416 | 7529536 | 229 | 52441 | 12008989 |
| 197 | 38809 | 7645373 | 230 | 52900 | 12167000 |
| 198 | 39204 | 7762392 | 231 | 53361 | 12326391 |
| 199 | 39601 | 7880599 | 232 | 53824 | 12487168 |
| 200 | 40000 | 8000000 | 233 | 54289 | 12649337 |
| 201 | 40401 | 8120601 | 234 | 54756 | 12812904 |
| 202 | 40804 | 8242408 | 235 | 55225 | 12977875 |
| 203 | 41209 | 8365427 | 236 | 55696 | 13144256 |
| 204 | 41616 | 8489664 | 237 | 56169 | 13312053 |
| 205 | 42025 | 8615125 | 238 | 56644 | 13481272 |
| 206 | 42436 | 8741816 | 239 | 57121 | 13651919 |
| 207 | 42849 | 8869743 | 240 | 57600 | 13824000 |
| 208 | 43264 | 8998912 | 241 | 58081 | 13997521 |
| 209 | 43681 | 9129329 | 242 | 58564 | 14172488 |
| 210 | 44100 | 9261000 | 243 | 59049 | 14348907 |
| 211 | 44521 | 9393931 | 244 | 59536 | 14526784 |
| 212 | 44944 | 9528128 | 245 | 60025 | 14706125 |
| 213 | 45369 | 9663597 | 246 | 60516 | 14886936 |
| 214 | 45796 | 9800344 | 247 | 61009 | 15069223 |
| 215 | 46225 | 9938375 | 248 | 61504 | 15252992 |
| 216 | 46656 | 10077696 | 249 | 62001 | 15438249 |
| 217 | 47089 | 10218313 | 250 | 62500 | 15625000 |
| 218 | 47524 | 10360232 | 251 | 63001 | 15813251 |
| 219 | 47961 | 10503459 | 252 | 63504 | 16003008 |
| 220 | 48400 | 10648000 | 253 | 64009 | 16194277 |
| 221 | 48841 | 10793861 | 254 | 64516 | 16387064 |
| 222 | 49284 | 10941048 | 255 | 65025 | 16581375 |
| 223 | 49729 | 11089567 | 256 | 65536 | 16777216 |
| 224 | 50176 | 11239424 | 257 | 66049 | 16974593 |
| 225 | 50625 | 11390625 | 258 | 66564 | 17173512 |

| RADICI | QUADRATI | CUBI |
|---|---|---|
| 259 | 67081 | 17373979 |
| 260 | 67600 | 17576000 |
| 261 | 68121 | 17779581 |
| 262 | 68644 | 17984728 |
| 263 | 69169 | 18191447 |
| 264 | 69696 | 18399744 |
| 265 | 70225 | 18609625 |
| 266 | 70756 | 18821096 |
| 267 | 71289 | 19034163 |
| 268 | 71824 | 19248832 |
| 269 | 72361 | 19465109 |
| 270 | 72900 | 19683000 |
| 271 | 73441 | 19902511 |
| 272 | 73984 | 20123648 |
| 273 | 74529 | 20346417 |
| 274 | 75076 | 20570824 |
| 275 | 75625 | 20796875 |
| 276 | 76176 | 21024576 |
| 277 | 76729 | 21253933 |
| 278 | 77284 | 21484952 |
| 279 | 77841 | 21717639 |
| 280 | 78400 | 21952000 |
| 281 | 78961 | 22188041 |
| 282 | 79524 | 22425768 |
| 283 | 80089 | 22665187 |
| 284 | 80656 | 22906304 |
| 285 | 81225 | 23149125 |
| 286 | 81796 | 23393656 |
| 287 | 82369 | 23639903 |
| 288 | 82944 | 23887872 |
| 289 | 83521 | 24137569 |
| 290 | 84100 | 24389000 |
| 291 | 84681 | 24642171 |

| RADICI | QUADRATI | CUBI |
|---|---|---|
| 292 | 85264 | 24897088 |
| 293 | 85849 | 25153757 |
| 294 | 86436 | 25412184 |
| 295 | 87025 | 25672375 |
| 296 | 87616 | 25934336 |
| 297 | 88209 | 26198073 |
| 298 | 88804 | 26463592 |
| 299 | 89401 | 26730899 |
| 300 | 90000 | 27000000 |
| 301 | 90601 | 27270901 |
| 302 | 91204 | 27543608 |
| 303 | 91809 | 27818127 |
| 304 | 92416 | 28094464 |
| 305 | 93025 | 28372625 |
| 306 | 93636 | 28652616 |
| 307 | 94249 | 28934443 |
| 308 | 94864 | 29218112 |
| 309 | 95481 | 29503629 |
| 310 | 96100 | 29791000 |
| 311 | 96721 | 30080231 |
| 312 | 97344 | 30371328 |
| 313 | 97969 | 30664297 |
| 314 | 98596 | 30959144 |
| 315 | 99225 | 31255875 |
| 316 | 99856 | 31554496 |
| 317 | 100489 | 31855013 |
| 318 | 101124 | 32157432 |
| 319 | 101761 | 32461759 |
| 320 | 102400 | 32768000 |
| 321 | 103041 | 33076161 |
| 322 | 103684 | 33386248 |
| 323 | 104329 | 33698267 |
| 324 | 104976 | 34012224 |

| RADICI | QUADRATI | CUBI | RADICI | QUADRATI | CUBI |
|---|---|---|---|---|---|
| 325 | 105625 | 34328125 | 358 | 128164 | 45882712 |
| 326 | 106276 | 34645976 | 359 | 128881 | 46268279 |
| 327 | 106929 | 34965783 | 360 | 129600 | 46656000 |
| 328 | 107584 | 35287552 | 361 | 130321 | 47045881 |
| 329 | 108241 | 356112[illegible]9 | 362 | 131044 | 47437928 |
| 330 | 108900 | 35937000 | 363 | 131769 | 47832147 |
| 331 | 109561 | 36264691 | 364 | 132496 | 48228544 |
| 332 | 110224 | 36594368 | 365 | 133225 | 48627125 |
| 333 | 110889 | 36926037 | 366 | 133956 | 49027896 |
| 334 | 111556 | 37259704 | 367 | 134689 | 49430863 |
| 335 | 112225 | 37595375 | 368 | 135424 | 49836032 |
| 336 | 112896 | 37933056 | 369 | 136161 | 50243409 |
| 337 | 113569 | 38272753 | 370 | 136900 | 50653000 |
| 338 | 114244 | 38614472 | 371 | 137641 | 51064811 |
| 339 | 114921 | 38958219 | 372 | 138384 | 51478848 |
| 340 | 115600 | 39304000 | 373 | 139129 | 51895117 |
| 341 | 116281 | 39651821 | 374 | 139876 | 52313624 |
| 342 | 116964 | 40001688 | 375 | 140625 | 52734375 |
| 343 | 117649 | 40353607 | 376 | 141376 | 53157376 |
| 344 | 118336 | 40707584 | 377 | 142129 | 53582633 |
| 345 | 119025 | 41063625 | 378 | 142884 | 54010152 |
| 346 | 119716 | 41421736 | 379 | 143641 | 54439939 |
| 347 | 120409 | 41781923 | 380 | 144400 | 54872000 |
| 348 | 121104 | 42144192 | 381 | 145161 | 55306341 |
| 349 | 121801 | 42508549 | 382 | 145924 | 55742968 |
| 350 | 122500 | 42875000 | 383 | 146689 | 56181887 |
| 351 | 123201 | 43243551 | 384 | 147456 | 56623104 |
| 352 | 123904 | 43614208 | 385 | 148225 | 57066625 |
| 353 | 124609 | 43986977 | 386 | 148996 | 57512456 |
| 354 | 125316 | 44361864 | 387 | 149769 | 57960603 |
| 355 | 126025 | 44738875 | 388 | 150544 | 58411072 |
| 356 | 126736 | 45118016 | 389 | 151321 | 58863869 |
| 357 | 127449 | 45499293 | 390 | 152100 | 59319000 |

| RADICI | QUADRATI | CUBI | RADICI | QUADRATI | CUBI |
|---|---|---|---|---|---|
| 391 | 152881 | 59776471 | 424 | 179776 | 76225024 |
| 392 | 153664 | 60236288 | 425 | 180625 | 76765625 |
| 393 | 154449 | 60698457 | 426 | 181476 | 77308776 |
| 394 | 155236 | 61162984 | 427 | 182329 | 77854483 |
| 395 | 156025 | 61629875 | 428 | 183184 | 78402752 |
| 396 | 156816 | 62099136 | 429 | 184041 | 78953589 |
| 397 | 157609 | 62570773 | 430 | 184900 | 79507000 |
| 398 | 158404 | 63044792 | 431 | 185761 | 80062991 |
| 399 | 159201 | 63521199 | 432 | 186624 | 80621568 |
| 400 | 160000 | 64000000 | 433 | 187489 | 81182737 |
| 401 | 160801 | 64481201 | 434 | 188356 | 81746504 |
| 402 | 161604 | 64964808 | 435 | 189225 | 82312875 |
| 403 | 162409 | 65450827 | 436 | 190096 | 82881856 |
| 404 | 163216 | 65939264 | 437 | 190969 | 83453453 |
| 405 | 164025 | 66430125 | 438 | 191844 | 84027672 |
| 406 | 164836 | 66923416 | 439 | 192721 | 84604519 |
| 407 | 165649 | 67419143 | 440 | 193600 | 85184000 |
| 408 | 166464 | 67917312 | 441 | 194481 | 85766121 |
| 409 | 167281 | 68417929 | 442 | 195364 | 86350888 |
| 410 | 168100 | 68921000 | 443 | 196249 | 86938307 |
| 411 | 168921 | 69426531 | 444 | 197136 | 87528384 |
| 412 | 169744 | 69934528 | 445 | 198025 | 88121125 |
| 413 | 170569 | 70444997 | 446 | 198916 | 88716536 |
| 414 | 171396 | 70957944 | 447 | 199809 | 89314623 |
| 415 | 172225 | 71473375 | 448 | 200704 | 89915392 |
| 416 | 173056 | 71991296 | 449 | 201601 | 90518849 |
| 417 | 173889 | 72511713 | 450 | 202500 | 91125000 |
| 418 | 174724 | 73034632 | 451 | 203401 | 91733851 |
| 419 | 175561 | 73560059 | 452 | 204304 | 92345408 |
| 420 | 176400 | 74088000 | 453 | 205209 | 92959677 |
| 421 | 177241 | 74618461 | 454 | 206116 | 93576664 |
| 422 | 178084 | 75151448 | 455 | 207025 | 94196375 |
| 423 | 178929 | 75686967 | 456 | 207936 | 94818816 |

| RADICI | QUADRATI | CUBI | RADICI | QUADRATI | CUBI |
|---|---|---|---|---|---|
| 457 | 208849 | 95443993 | 490 | 240100 | 117649000 |
| 458 | 209764 | 96071912 | 491 | 241081 | 118370771 |
| 459 | 210681 | 96702579 | 492 | 242064 | 119095488 |
| 460 | 211600 | 97336000 | 493 | 243049 | 119823157 |
| 461 | 212521 | 97972181 | 494 | 244036 | 120553784 |
| 462 | 213444 | 98611128 | 495 | 245025 | 121287375 |
| 463 | 214369 | 99252847 | 496 | 246016 | 122023936 |
| 464 | 215296 | 99897344 | 497 | 247009 | 122763473 |
| 465 | 216225 | 100544625 | 498 | 248004 | 123505992 |
| 466 | 217156 | 101194696 | 499 | 249001 | 124251499 |
| 467 | 218089 | 101847563 | 500 | 250000 | 125000000 |
| 468 | 219024 | 102503232 | 501 | 251001 | 125751501 |
| 469 | 219961 | 103161709 | 502 | 252004 | 126506008 |
| 470 | 220900 | 103823000 | 503 | 253009 | 127263527 |
| 471 | 221841 | 104487111 | 504 | 254016 | 128024064 |
| 472 | 222784 | 105154048 | 505 | 255025 | 128787625 |
| 473 | 223729 | 105823817 | 506 | 256036 | 129554216 |
| 474 | 224676 | 106496424 | 507 | 257049 | 130323843 |
| 475 | 225625 | 107171875 | 508 | 258064 | 131096512 |
| 476 | 226576 | 107850176 | 509 | 259081 | 131872229 |
| 477 | 227529 | 108531333 | 510 | 260100 | 132651000 |
| 478 | 228484 | 109215352 | 511 | 261121 | 133432831 |
| 479 | 229441 | 109902239 | 512 | 262144 | 134217728 |
| 480 | 230400 | 110592000 | 513 | 263169 | 135005697 |
| 481 | 231361 | 111284641 | 514 | 264196 | 135796744 |
| 482 | 232324 | 111980168 | 515 | 265225 | 136590875 |
| 483 | 233289 | 112678587 | 516 | 266256 | 137388096 |
| 484 | 234256 | 113379904 | 517 | 267289 | 138188413 |
| 485 | 235225 | 114084125 | 518 | 268324 | 138991832 |
| 486 | 236196 | 114791256 | 519 | 269361 | 139798359 |
| 487 | 237169 | 115501303 | 520 | 270400 | 140608000 |
| 488 | 238144 | 116214272 | 521 | 271441 | 141420761 |
| 489 | 239121 | 116930169 | 522 | 272484 | 142236648 |

| RADICI | QUADRATI | CUBI | RADICI | QUADRATI | CUBI |
|---|---|---|---|---|---|
| 523 | 273529 | 143055667 | 556 | 309136 | 171879616 |
| 524 | 274576 | 143877824 | 557 | 310249 | 172808693 |
| 525 | 275625 | 144703125 | 558 | 311364 | 173741112 |
| 526 | 276676 | 145531576 | 559 | 312481 | 174676879 |
| 527 | 277729 | 146363183 | 560 | 313600 | 175616000 |
| 528 | 278784 | 147197952 | 561 | 314721 | 176558481 |
| 529 | 279841 | 148035889 | 562 | 315844 | 177504328 |
| 530 | 280900 | 148877000 | 563 | 316969 | 178453547 |
| 531 | 281961 | 149721291 | 564 | 318096 | 179406144 |
| 532 | 283024 | 150568768 | 565 | 319225 | 180362125 |
| 533 | 284089 | 151419437 | 566 | 320356 | 181321496 |
| 534 | 285156 | 152273304 | 567 | 321489 | 182284263 |
| 535 | 286225 | 153130375 | 568 | 322624 | 183250432 |
| 536 | 287296 | 153990656 | 569 | 323761 | 184220009 |
| 537 | 288369 | 154854153 | 570 | 324900 | 185193000 |
| 538 | 289444 | 155720872 | 571 | 326041 | 186169411 |
| 539 | 290521 | 156590819 | 572 | 327184 | 187149248 |
| 540 | 291600 | 157464000 | 573 | 328329 | 188132517 |
| 541 | 292681 | 158340421 | 574 | 329476 | 189119224 |
| 542 | 293764 | 159220088 | 575 | 330625 | 190109375 |
| 543 | 294849 | 160103007 | 576 | 331776 | 191102976 |
| 544 | 295936 | 160989184 | 577 | 332929 | 192100033 |
| 545 | 297025 | 161878625 | 578 | 334084 | 193100552 |
| 546 | 298116 | 162771336 | 579 | 335241 | 194104539 |
| 547 | 299209 | 163667323 | 580 | 336400 | 195112000 |
| 548 | 300304 | 164566592 | 681 | 337561 | 196122941 |
| 549 | 301401 | 165469149 | 582 | 338724 | 197137368 |
| 550 | 302500 | 166375000 | 583 | 339889 | 198155287 |
| 551 | 303601 | 167284151 | 584 | 341056 | 199176704 |
| 552 | 304704 | 168196608 | 585 | 342225 | 200201625 |
| 553 | 305809 | 169112377 | 586 | 343396 | 201230056 |
| 554 | 306916 | 170031464 | 587 | 344569 | 202262003 |
| 555 | 308025 | 170953875 | 588 | 345744 | 203297472 |

| RADICI | QUADRATI | CUBI | RADICI | QUADRATI | CUBI |
|---|---|---|---|---|---|
| 589 | 346921 | 204336469 | 622 | 386884 | 240641848 |
| 590 | 348100 | 205379000 | 623 | 388129 | 241804367 |
| 591 | 349281 | 206425071 | 624 | 389376 | 242970624 |
| 592 | 350464 | 207474688 | 625 | 390625 | 244140625 |
| 593 | 351649 | 208527857 | 626 | 391876 | 245314376 |
| 594 | 352836 | 209584584 | 627 | 393129 | 246491883 |
| 595 | 354025 | 210644875 | 628 | 394384 | 247673152 |
| 596 | 355216 | 211708736 | 629 | 395641 | 248858189 |
| 597 | 356409 | 212776173 | 630 | 396900 | 250047000 |
| 598 | 357604 | 213847192 | 631 | 398161 | 251239591 |
| 599 | 358801 | 214921799 | 632 | 399424 | 252435968 |
| 600 | 360000 | 216000000 | 633 | 400689 | 253636137 |
| 601 | 361201 | 217081801 | 634 | 401956 | 254840104 |
| 602 | 362404 | 218167208 | 635 | 403225 | 256047875 |
| 603 | 363609 | 219256227 | 636 | 404496 | 257259456 |
| 604 | 364816 | 220348864 | 637 | 405769 | 258474853 |
| 605 | 366025 | 221445125 | 638 | 407044 | 259694072 |
| 606 | 367236 | 222545016 | 639 | 408321 | 260917119 |
| 607 | 368449 | 223648543 | 640 | 409600 | 262144000 |
| 608 | 369664 | 224755712 | 641 | 410881 | 263374721 |
| 609 | 370881 | 225866529 | 642 | 412164 | 264609288 |
| 610 | 372100 | 226981000 | 643 | 413449 | 265847707 |
| 611 | 373321 | 228099131 | 644 | 414736 | 267089984 |
| 612 | 374544 | 229220928 | 645 | 416025 | 268336125 |
| 613 | 375769 | 230346397 | 646 | 417316 | 269586136 |
| 614 | 376996 | 231475544 | 647 | 418609 | 270840023 |
| 615 | 378225 | 232608375 | 648 | 419904 | 272097792 |
| 616 | 379456 | 233744896 | 649 | 421201 | 273359449 |
| 617 | 380689 | 234885113 | 650 | 422500 | 274625000 |
| 618 | 381924 | 236029032 | 651 | 423801 | 275894451 |
| 619 | 383161 | 237176659 | 652 | 425104 | 277167808 |
| 620 | 384400 | 238328000 | 653 | 426409 | 278445077 |
| 621 | 385641 | 239483061 | 654 | 427716 | 279726264 |

| RADICI | QUADRATI | CUBI | RADICI | QUADRATI | CUBI |
|---|---|---|---|---|---|
| 655 | 429025 | 281011375 | 688 | 473344 | 325660672 |
| 656 | 430336 | 282300416 | 689 | 474721 | 327082769 |
| 657 | 431649 | 283593393 | 690 | 476100 | 328509000 |
| 658 | 432964 | 284890312 | 691 | 477481 | 329939371 |
| 659 | 434281 | 286191179 | 692 | 478864 | 331373888 |
| 660 | 435600 | 287496000 | 693 | 480249 | 332812557 |
| 661 | 436921 | 288804781 | 694 | 481636 | 334255384 |
| 662 | 438244 | 290117528 | 695 | 483025 | 335702375 |
| 663 | 439569 | 291434247 | 696 | 484416 | 337153536 |
| 664 | 440896 | 292754944 | 697 | 485809 | 338608873 |
| 665 | 442225 | 294079625 | 698 | 487204 | 340068392 |
| 666 | 443556 | 295408296 | 699 | 488601 | 341532099 |
| 667 | 444889 | 296740963 | 700 | 490000 | 343000000 |
| 668 | 446224 | 298077632 | 701 | 491401 | 344472101 |
| 669 | 447561 | 299418309 | 702 | 492804 | 345948408 |
| 670 | 448900 | 300763000 | 703 | 494209 | 347428927 |
| 671 | 450241 | 302111711 | 704 | 495616 | 348913664 |
| 672 | 451584 | 303464448 | 705 | 497025 | 350402625 |
| 673 | 452929 | 304821217 | 706 | 498436 | 351895816 |
| 674 | 454276 | 306182024 | 707 | 499849 | 353393243 |
| 675 | 455625 | 307546875 | 708 | 501264 | 354894912 |
| 676 | 456976 | 308915776 | 709 | 502681 | 356400829 |
| 677 | 458329 | 310288733 | 710 | 504100 | 357911000 |
| 678 | 459684 | 311665752 | 711 | 505521 | 359425431 |
| 679 | 461041 | 313046839 | 712 | 506944 | 360944128 |
| 680 | 462400 | 314432000 | 713 | 508369 | 362467097 |
| 681 | 463761 | 315821241 | 714 | 509796 | 363994344 |
| 682 | 465124 | 317214568 | 715 | 511225 | 365525875 |
| 683 | 466489 | 318611987 | 716 | 512656 | 367061696 |
| 684 | 467856 | 320013504 | 717 | 514089 | 368601813 |
| 685 | 469225 | 321419125 | 718 | 515524 | 370146232 |
| 686 | 470596 | 322828856 | 719 | 516961 | 371694959 |
| 687 | 471969 | 324242703 | 720 | 518400 | 373248000 |

| RADICI | QUADRATI | CUBI | RADICI | QUADRATI | CUBI |
|---|---|---|---|---|---|
| 721 | 519841 | 374805361 | 754 | 568516 | 428661064 |
| 722 | 521284 | 376367048 | 755 | 570025 | 430368875 |
| 723 | 522729 | 377933067 | 756 | 571536 | 432081216 |
| 724 | 524176 | 379503424 | 757 | 573049 | 433798093 |
| 725 | 525625 | 381078125 | 758 | 574564 | 435519512 |
| 726 | 527076 | 382657176 | 759 | 576081 | 437245479 |
| 727 | 528529 | 384240583 | 760 | 577600 | 438976000 |
| 728 | 529984 | 385828352 | 761 | 579121 | 440711081 |
| 729 | 531441 | 387420489 | 762 | 580644 | 442450728 |
| 730 | 532900 | 389017000 | 763 | 582169 | 444194947 |
| 731 | 534361 | 390617891 | 764 | 583696 | 445943744 |
| 732 | 535824 | 392223168 | 765 | 585225 | 447697125 |
| 733 | 537289 | 393832837 | 766 | 586756 | 449455096 |
| 734 | 538756 | 395446904 | 767 | 588289 | 451217663 |
| 735 | 540225 | 397065375 | 768 | 589824 | 452984832 |
| 736 | 541696 | 398688256 | 769 | 591361 | 454756609 |
| 737 | 543169 | 400315553 | 770 | 592900 | 456533000 |
| 738 | 544644 | 401947272 | 771 | 594441 | 458314011 |
| 739 | 546121 | 403583419 | 772 | 595984 | 460099648 |
| 740 | 547600 | 405224000 | 773 | 597529 | 461889917 |
| 741 | 549081 | 406869021 | 774 | 599076 | 463684824 |
| 742 | 550564 | 408518488 | 775 | 600625 | 465484375 |
| 743 | 552049 | 410172407 | 776 | 602176 | 467288576 |
| 744 | 553536 | 411830784 | 777 | 603729 | 469097433 |
| 745 | 555025 | 413493625 | 778 | 605284 | 470910952 |
| 746 | 556516 | 415160936 | 779 | 606841 | 472729139 |
| 747 | 558009 | 416832723 | 780 | 608400 | 474552000 |
| 748 | 559504 | 418508992 | 781 | 609961 | 476379541 |
| 749 | 561001 | 420189749 | 782 | 611524 | 478211768 |
| 750 | 562500 | 421875000 | 783 | 613089 | 480048687 |
| 751 | 564001 | 423564751 | 784 | 614656 | 481890304 |
| 752 | 565504 | 425259008 | 785 | 616225 | 483736625 |
| 753 | 567009 | 426957777 | 786 | 617796 | 485587656 |

| RADICI | QUADRATI | CUBI | RADICI | QUADRATI | CUBI |
|---|---|---|---|---|---|
| 787 | 619369 | 487443403 | 820 | 672400 | 551368000 |
| 788 | 620944 | 489303872 | 821 | 674041 | 553387661 |
| 789 | 622521 | 491169069 | 822 | 675684 | 555412248 |
| 790 | 624100 | 493039000 | 823 | 677329 | 557441767 |
| 791 | 625681 | 494913671 | 824 | 678976 | 559476224 |
| 792 | 627264 | 496793088 | 825 | 680625 | 561515625 |
| 793 | 628849 | 498677257 | 826 | 682276 | 563559976 |
| 794 | 630436 | 500566184 | 827 | 683929 | 565609283 |
| 795 | 632025 | 502459875 | 828 | 685584 | 567663552 |
| 796 | 633616 | 504358336 | 829 | 687241 | 569722789 |
| 797 | 635209 | 506261573 | 830 | 688900 | 571787000 |
| 798 | 636804 | 508169592 | 831 | 690561 | 573856191 |
| 799 | 638401 | 510082399 | 832 | 692224 | 575930368 |
| 800 | 640000 | 512000000 | 833 | 693889 | 578009537 |
| 801 | 641601 | 513922401 | 834 | 695556 | 580093704 |
| 802 | 643204 | 515849608 | 835 | 697225 | 582182875 |
| 803 | 644809 | 517781627 | 836 | 698896 | 584277056 |
| 804 | 646416 | 519718464 | 837 | 700569 | 586376253 |
| 805 | 648025 | 521660125 | 838 | 702244 | 588480472 |
| 806 | 649636 | 523606616 | 839 | 703921 | 590589719 |
| 807 | 651249 | 525557943 | 840 | 705600 | 592704000 |
| 808 | 652864 | 527514112 | 841 | 707281 | 594823321 |
| 809 | 654481 | 529475129 | 842 | 708964 | 596947688 |
| 810 | 656100 | 531441000 | 843 | 710649 | 599077107 |
| 811 | 657721 | 533411731 | 844 | 712336 | 601211584 |
| 812 | 659344 | 535387328 | 845 | 714025 | 603351125 |
| 813 | 660969 | 537367797 | 846 | 715716 | 605495736 |
| 814 | 662596 | 539353144 | 847 | 717409 | 607645423 |
| 815 | 664225 | 541343375 | 848 | 719104 | 609800192 |
| 816 | 665856 | 543338496 | 849 | 720801 | 611960049 |
| 817 | 667489 | 545338513 | 850 | 722500 | 614125000 |
| 818 | 669124 | 547343432 | 851 | 724201 | 616295051 |
| 819 | 670761 | 549353259 | 852 | 725904 | 618470208 |

| RADICI | QUADRATI | CUBI | RADICI | QUADRATI | CUBI |
|---|---|---|---|---|---|
| 853 | 727609 | 620650477 | 886 | 784996 | 695506456 |
| 854 | 729316 | 622835864 | 887 | 786769 | 697864103 |
| 855 | 731025 | 625026375 | 888 | 788544 | 700227072 |
| 856 | 732736 | 627222016 | 889 | 790321 | 702595369 |
| 857 | 734449 | 629422793 | 890 | 792100 | 704969000 |
| 858 | 736164 | 631628712 | 891 | 793881 | 707347971 |
| 859 | 737881 | 633839779 | 892 | 795664 | 709732288 |
| 860 | 739600 | 636056000 | 893 | 797449 | 712121957 |
| 861 | 741321 | 638277381 | 894 | 799236 | 714516984 |
| 862 | 743044 | 640503928 | 895 | 801025 | 716917375 |
| 863 | 744769 | 642735647 | 896 | 802816 | 719323136 |
| 864 | 746496 | 644972544 | 897 | 804609 | 721734273 |
| 865 | 748225 | 647214625 | 898 | 806404 | 724150792 |
| 866 | 749956 | 649461896 | 899 | 808201 | 726572699 |
| 867 | 751689 | 651714363 | 900 | 810000 | 729000000 |
| 868 | 753424 | 653972032 | 901 | 811801 | 731432701 |
| 869 | 755161 | 656234909 | 902 | 813604 | 733870808 |
| 870 | 756900 | 658503000 | 903 | 815409 | 736314327 |
| 871 | 758641 | 660776311 | 904 | 817216 | 738763264 |
| 872 | 760384 | 663054848 | 905 | 819025 | 741217625 |
| 873 | 762129 | 665338617 | 906 | 820836 | 743677416 |
| 874 | 763876 | 667627624 | 907 | 822649 | 746142643 |
| 875 | 765625 | 669921875 | 908 | 824464 | 748613312 |
| 876 | 767376 | 672221376 | 909 | 826281 | 751089429 |
| 877 | 769129 | 674526133 | 910 | 828100 | 753571000 |
| 878 | 770884 | 676836152 | 911 | 829921 | 756058031 |
| 879 | 772641 | 679151439 | 912 | 831744 | 758550528 |
| 880 | 774400 | 681472000 | 913 | 833569 | 761048497 |
| 881 | 776161 | 683797841 | 914 | 835396 | 763551944 |
| 882 | 777924 | 686128968 | 915 | 837225 | 766060875 |
| 883 | 779689 | 688465387 | 916 | 839056 | 768575296 |
| 884 | 781456 | 690807104 | 917 | 840889 | 771095213 |
| 885 | 783225 | 693154125 | 918 | 842724 | 773620632 |

| RADICI | QUADRATI | CUBI | RADICI | QUADRATI | CUBI |
|---|---|---|---|---|---|
| 919 | 844561 | 776151559 | 952 | 906304 | 862801408 |
| 920 | 846400 | 778688000 | 953 | 908209 | 865523177 |
| 921 | 848241 | 781229961 | 954 | 910116 | 868250664 |
| 922 | 850084 | 783777448 | 955 | 912025 | 870983875 |
| 923 | 851929 | 786330467 | 956 | 913936 | 873722816 |
| 924 | 853776 | 788889024 | 957 | 915849 | 876467493 |
| 925 | 855625 | 791453125 | 958 | 917764 | 879217912 |
| 926 | 857476 | 794022776 | 959 | 919681 | 881974079 |
| 927 | 859329 | 796597983 | 960 | 921600 | 884736000 |
| 928 | 861184 | 799178752 | 961 | 923521 | 887503681 |
| 929 | 863041 | 801765089 | 962 | 925444 | 890277128 |
| 930 | 864900 | 804357000 | 963 | 927369 | 893056347 |
| 931 | 866761 | 806954491 | 964 | 929296 | 895841344 |
| 932 | 868624 | 809557568 | 965 | 931225 | 898632125 |
| 933 | 870489 | 812166237 | 966 | 933156 | 901428696 |
| 934 | 872356 | 814780504 | 967 | 935089 | 904231063 |
| 935 | 874225 | 817400375 | 968 | 937024 | 907039232 |
| 936 | 876096 | 820025856 | 969 | 938961 | 909853209 |
| 937 | 877969 | 822656953 | 970 | 940900 | 912673000 |
| 938 | 879844 | 825293672 | 971 | 942841 | 915498611 |
| 939 | 881721 | 827936019 | 972 | 944784 | 918330048 |
| 940 | 883600 | 830584000 | 973 | 946729 | 921167317 |
| 941 | 885481 | 833237621 | 974 | 948676 | 924010424 |
| 942 | 887364 | 835896888 | 975 | 950625 | 926859375 |
| 943 | 889249 | 838561807 | 976 | 952576 | 929714176 |
| 944 | 891136 | 841232384 | 977 | 954529 | 932574833 |
| 945 | 893025 | 843908625 | 978 | 956484 | 935441352 |
| 946 | 894916 | 846590536 | 979 | 958441 | 938313739 |
| 947 | 896809 | 849278123 | 980 | 960400 | 941192000 |
| 948 | 898704 | 851971392 | 981 | 962361 | 944076141 |
| 949 | 900601 | 854670349 | 982 | 964324 | 946966168 |
| 950 | 902500 | 857375000 | 983 | 966289 | 949862087 |
| 951 | 904401 | 860085351 | 984 | 968256 | 952763904 |

| RADICI | QUADRATI | CUBI | RADICI | QUADRATI | CUBI |
|---|---|---|---|---|---|
| 985 | 970225 | 955671625 | 993 | 986049 | 979146657 |
| 986 | 972196 | 958585256 | 994 | 988036 | 982107784 |
| 987 | 974169 | 961504803 | 995 | 990025 | 985074875 |
| 988 | 976144 | 964430272 | 996 | 992016 | 988047936 |
| 989 | 978121 | 967361669 | 997 | 994009 | 991026973 |
| 990 | 980100 | 970299000 | 998 | 996004 | 994011992 |
| 991 | 982081 | 973242271 | 999 | 998001 | 997002999 |
| 992 | 984064 | 976191488 | 1000 | 1000000 | 1000000000 |

**FINE.**

# TAVOLA DELLE MATERIE.

FINE DELLA TAVOLA.

Tav. I
A
E
A
B
D
Fig. 7.

Tav. II.
Fig. 18.
O
C
Fig. 20.
B
D
d
C
c
o
m
H

Tav. III.
Fig. 47.

Fig. 66. bis.

b

Tav. V.

*Fig. 85.* *Fig. 87.*

b

a d

Digitized by Google

Tav. VI.
Fig. 96.